

**ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΝΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΜΕ
ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΥΓΡΩΝ ΣΤΗΝ ΑΘΛΗΤΙΚΗ
ΑΠΟΔΟΣΗ**



**ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΓΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗ
ΑΜ: 426703**

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Σταύρος Κάβουρας (Επιβλέπων Καθηγητής)

Λάμπρος Συντώσης

Δημοσθένης Παναγιωτάκος

Αθήνα, 2008

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΝΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΜΕ
ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΥΓΡΩΝ ΣΤΗΝ ΑΘΛΗΤΙΚΗ
ΑΠΟΔΟΣΗ

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου στους καθηγητές μου, Σταύρο Κάβουρα και Λάμπρο Συντώση που συνέβαλαν στην άξια καθοδήγησή μου σε όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος καθώς επίσης και στην πολύ καλή φίλη και συνεργάτη Ελένη Νικολάου για τη συνεργασία μας και τη γόνιμη ανταλλαγή απόψεων στην ερευνητική μου προσπάθεια. Τέλος το μεγαλύτερο ευχαριστώ το οφείλω στους γονείς μου που συνεχίζουν να με στηρίζουν μέχρι τέλους σε κάθε απόφασή μου.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή

1.1	Ρόλος του νερού του σώματος και ρυθμιστικοί μηχανισμοί	6
1.2	Κατανάλωση υγρών – Συστάσεις	12
1.3	Αξιολόγηση επιπέδων υδάτωσης	17
1.4	Επίδραση της υποϋδάτωσης – αφυδάτωσης στην αθλητική απόδοση	22
1.5	Θερμοκρασία πυρήνα και πρόσληψη υγρών	29
1.6	Υπερυδάτωση και αθλητική απόδοση	32
1.7	Αίσθημα δίψας και πρόσληψη υγρών	35
1.8	Αφυδάτωση κα νεαροί αθλητές	39

2. Σκοπός 41

3. Μεθοδολογία

3.1	Δείγμα	42
3.2	Πρωτόκολλο	42
3.3	Τεχνικές μετρήσεων	43
3.4	Όργανα	44
3.5	Στατιστική Ανάλυση	46

4. Αποτελέσματα

4.1	Δείκτες ούρων	46
4.2	Δείκτες φυσικής κατάστασης	47
4.3	Ερωτηματολόγια	48

5. Συζήτηση 51

6. Παράρτημα 56

7. Βιβλιογραφία 61

Περίληψη

Η απώλεια υγρών ακόμη και της τάξης του 2-3% του σωματικού βάρους έχουν σχετιστεί με μειωμένη ικανότητα καρδιαγγειακής λειτουργίας, μειωμένη ικανότητα αποβολής θερμότητας και μείωση της αθλητικής απόδοσης.

Σκοπός της έρευνάς μας ήταν να αξιολογήσουμε την αποτελεσματικότητα του προγράμματος παρέμβασης με έμφαση στην πρόσληψη υγρών στη βελτίωση της κατάστασης υδάτωσης και την αθλητική απόδοση νεαρών αθλητών όταν ασκούνται σε θερμό περιβάλλον. Στην έρευνα συμμετείχαν 92 νεαροί αθλητές διαφόρων ηλικιών και σωματικών χαρακτηριστικών (ηλικία 13.8 ± 4.2 έτη, βάρος 54.9 ± 13.7 kg, ύψος 164 ± 13.9 cm, Σωμ.Λίπους $19.2 \pm 7.3\%$). Όλες οι μετρήσεις έλαβαν μέρος τη δεύτερη και τέταρτη ημέρα δύο πενθήμερων προπονητικών καμπ, στο πρώτο καμπ συμμετείχε η ομάδα ελέγχου (31 άτομα) και στο δεύτερο η ομάδα παρέμβασης (61 άτομα). Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της έρευνας κυμαινόταν από $25-37^{\circ}\text{C}$ (Tdb), με τη σχετική υγρασία να κυμαίνεται από $20-25^{\circ}\text{C}$ (Twb) ανάλογα με τη χρονική στιγμή της ημέρας. Όλοι οι εθελοντές είχαν ελεύθερη πρόσβαση σε υγρά. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν δείκτες ούρων, τεστ τρεξίματος αντοχής 600 m, τεστ τρεξίματος ταχύτητας 30 m και τεστ τεχνικής ικανότητας, κατακόρυφο άλμα και σερβίβ-βολές. Ειδική διάλεξη με θέμα τη διατροφή του αθλητή και τοποθέτηση των κλιμάκων αξιολόγησης του χρώματος των ούρων σε όλες τις τουαλέτες που είχαν πρόσβαση οι εθελοντές έγινε στην ομάδα παρέμβασης μετά τις αρχικές μετρήσεις. Συμπληρωματικά ειδικά ερωτηματολόγια υδάτωσης συμπληρώθηκαν κατά τη διάρκεια όλων των μετρήσεων, ενώ πρόσβαση σε νερό των εθελοντών υπήρχε σε όλα τα σημεία του καμπ (γήπεδα, εστιατόριο, δωμάτια).

Μετά το τέλος της παρέμβασης φάνηκε πως η κατάσταση υδάτωσης των νεαρών αθλητών βελτιώθηκε (ειδικό βάρος = $1,031 \pm 0,01$, ωσμωτικότητα = 941 ± 30 και χρώμα ούρων = $4,8 \pm 1,15$ πριν, και ειδικό βάρος = $1,023 \pm 0,01$, ωσμωτικότητα = 782 ± 34 και χρώμα ούρων = $3,55 \pm 1.21$ μετά), με στατιστική σημαντικότητα $p < 0,05$, ενώ καμία στατιστική διαφορά δε φάνηκε στην ομάδα ελέγχου (ειδικό βάρος πριν = 1.033 ± 0.011 , μετά = 1.032 ± 0.013 $p > 0.05$, ωσμωτικότητα πριν = 970 ± 38 , μετά = 961 ± 38 $p > 0.05$). Η αθλητική απόδοση βελτιώθηκε μόνο στην ομάδα παρέμβασης (χρόνος 600 m: 189 ± 5 sec πριν και 167 ± 4 sec μετά, $p < 0,05$, καρδιακή συχνότητα = 191 ± 1 πριν και 190 ± 1 μετά).

Συμπερασματικά το πρόγραμμα παρέμβασης υδάτωσης σε νεαρούς αθλητές ήταν επιτυχές, βελτιώνοντας την κατάσταση υδάτωσης αλλά και την αθλητική απόδοση των νεαρών αθλητών.

1. Εισαγωγή

1.1 Ρόλος του νερού του σώματος και ρυθμιστικοί μηχανισμοί

Το νερό είναι το συστατικό που βρίσκεται σε μεγαλύτερη ποσότητα (60%) στο σώμα μας με βασικό ρόλο τη διατήρηση της κυτταρικής ομοιόστασης. Χαρακτηρίζεται ως το συστατικό επιβίωσης, αν σκεφτούμε ότι σε λίγες ημέρες μπορεί να επέλθει θάνατος, ειδικά σε θερμό περιβάλλον, αν στερηθούμε νερού. Γι' αυτό το λόγο υπάρχουν πολύπλοκοι μηχανισμοί ρύθμισης των επιπέδων νερού στο σώμα. Ένας από τους βασικούς μηχανισμούς αποτελεί η λειτουργία των νεφρών που επηρεάζει και ρυθμίζει την αποβολή του, καθώς επηρεάζει και άλλους παράγοντες υπεύθυνους για την πρόσληψή του.

Το νερό που αποτελεί το σημαντικότερο διαλύτη σε όλες τις βιοχημικές διεργασίες, έχει την ικανότητα να απορροφά τη θερμότητα που παράγεται από κάθε μεταβολική διεργασία στο σώμα. Είναι το βασικό συστατικό του αίματος μέσω του οποίου μεταφέρει οργανικά και ανόργανα συστατικά, όπως επίσης είναι υπεύθυνο και για την υδάτωση των κυττάρων, σημάδι για την καλή ρύθμιση του κυτταρικού μεταβολισμού και έκφραση των γονιδίων (Massinger *et al.*, 1994). Το νερό είναι ουσιαστικής σημασίας για τον έλεγχο της ωσμωτικής πίεσης του σώματος και τη διατήρηση κατάλληλης ισορροπίας μεταξύ νερού και ηλεκτρολυτών.

Η συνολική πρόσληψη νερού συνυπολογίζεται από την πρόσληψη πόσιμου νερού και το νερό από τα αφεψήματα σε ποσοστό 81% και από το νερό που περιέχεται στα τρόφιμα σε ποσοστό 19%. Παρόλο που η ανεπαρκής πρόσληψη νερού έχει συσχετιστεί με χρόνιες ασθένειες, δεν έχουν οριστεί ακριβείς συστάσεις πρόσληψης, παρά μόνο συστάσεις επαρκούς πρόσληψης (AI), όπου αυτές κυμαίνονται από 2,7-3,7 λίτρα νερού στις γυναίκες και στους άντρες αντίστοιχα από 19-30 ετών όπως δείχνει Αμερικανική ανασκόπηση. Στόχος της σύστασης της επαρκούς πρόσληψης νερού αποτελεί η αποφυγή συμπτωμάτων αφυδάτωσης που με τη σειρά τους θα οδηγούσαν σε μεταβολικές και λειτουργικές διαταραχές. Σε καθημερινή βάση η πρόσληψη νερού υποκινείται από το συνδυασμό αισθήματος της δίψας και της πρόσληψης υγρών από τα γεύματα με αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται φυσιολογικά επίπεδα υδάτωσης. Διαταραχή, δηλαδή μείωση των επιπέδων υδάτωσης του σώματος παρατηρείται είτε σε ανεπαρκή πρόσληψη, είτε σε αυξημένες απώλειες λόγω έντονης φυσικής δραστηριότητας είτε λόγω πολύ αυξημένης θερμοκρασίας. Σε αυτές τις περιπτώσεις το ποσό του προσλαμβανόμενου νερού που απαιτείται είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό της σύστασης της επαρκούς πρόσληψης.

Σε έναν υγιή ενήλικα το ποσοστό νερού στο σώμα κυμαίνεται από 45-75% του σωματικού βάρους και εξαρτάται από το ποσοστό (%) σωματικού λίπους (Altman, 1961). Σαν ποσοστό άλιπης

μάζας σώματος το νερό στο σώμα είναι υψηλότερο στα βρέφη, όπου μπορεί να φτάσει και 75% της άλυπης μάζας σώματος (Fomon, 1967) και μειώνεται κατά τη διάρκεια της εφηβείας. Τα βρέφη έχουν μάλιστα μεγαλύτερο ποσοστό νερού στον ενδοκυττάριο χώρο και μικρότερο εξωκυτταρικά συγκριτικά με τα παιδιά μεγαλύτερης ηλικίας (Van Loan and Boileau, 1996). Αντίθετα, στους ενήλικες το ποσοστό αυτό παραμένει ίδιο καθώς αυξάνεται η ηλικία από τα 20 έως τα 80 έτη. Στους ενήλικες η άλυπη μάζα σώματος αποτελείται από 70-75% νερό, ενώ η λιπώδης μάζα από 10-40%. Το τελευταίο μειώνεται καθώς αυξάνεται ο λιπώδης ιστός. Διαφορές μεταξύ φύλου και εθνικότητας δεν παρατηρούνται (Visser and Gallagher, 1998, Visser *et al.*, 1997).

Το συνολικό νερό στο σώμα μας που κατά μέσο όρο αποτελεί το 60-65% (600 ml) του συνολικού σωματικού βάρους, βρίσκεται τόσο εξωκυτταρικά όσο και ενδοκυτταρικά. Τα 2/3 αυτού (400 ml) βρίσκεται ενδοκυτταρικά και το 1/3 (200 ml) εξωκυτταρικά. Το 75% του νερού εξωκυτταρικά βρίσκεται στο μεσοκυττάριο χώρο και το 25% στο πλάσμα. Τα ποσοστά αυτά στα διαφορετικά διαμερίσματα του σώματός μας δεν αποτελούν στατικούς όγκους νερού, αλλά αποτελούν το τελικό αποτέλεσμα μιας συνεχούς ανταλλαγής ύδατος ανάλογα με την κατάσταση του οργανισμού. Τέτοιες καταστάσεις θεωρούνται η άσκηση, η έκθεση σε θερμό περιβάλλον, ο πυρετός, τα εγκαύματα, η διάρροια. Διαφοροποιήσεις στο συνολικό ποσοστό νερού στο σώμα ανάμεσα στα άτομα συμβαίνει λόγω διαφορών στη σύσταση σώματος. Για παράδειγμα οι γυναίκες και οι ηλικιωμένοι έχουν χαμηλότερο συνολικό ποσό νερού στο σώμα γιατί έχουν μικρότερη μυϊκή μάζα και μεγαλύτερο λιπώδη ιστό (Altman, 1961). Ακριβώς το αντίθετο συμβαίνει με τους αθλητές οι οποίοι έχουν μεγαλύτερο ποσοστό συνολικού νερού στο σώμα λόγω ότι το μυϊκό τους σύστημα είναι πολύ πιο αναπτυγμένο παρότι σε έναν φυσιολογικό άνθρωπο. Διαφορές μεταξύ των δύο φύλων δεν παρατηρούνται μέχρι και το 12^ο έτος της ηλικίας (Novak, 1989). Πέρα από αυτό το όριο ηλικίας τα αγόρια αρχίζουν να αυξάνουν το μυϊκό τους ιστό πολύ πιο γρήγορα από τα κορίτσια.

Η ισορροπία στο συνολικό νερό στο σώμα μας καθορίζεται από τη διαφορά του προσλαμβανόμενου ποσού και από την ποσότητα που αποβάλλεται. Η έννοια του προσλαμβανόμενου νερού περιλαμβάνει τόσο την κατανάλωσή του από ποτά και τις τροφές όσο και την ποσότητα νερού που παράγεται από τις διάφορες μεταβολικές πορείες. Η μεταβολική παραγωγή νερού είναι ανάλογη της δαπανούμενης ενέργειας με μια μικρή προσαρμογή στην οξείδωση κάθε υποστρώματος. Η οξείδωση υδατανθράκων, πρωτεϊνών και λιπών παράγουν 15, 10.5 και 11.1 γρ/100 Kcal νερό αντίστοιχα. Η προσλαμβανόμενη ποσότητα νερού, ανεξάρτητα από τη μορφή που έχει απορροφάται στο γαστρεντερικό σωλήνα. Οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την πρόσληψη νερού ποικίλουν. Σημαντικότερος παράγοντας αποτελεί η αντίδραση του οργανισμού να διατηρεί ομοιόσταση, ενώ ψυχολογικοί και κοινωνικοί παράγοντες δεν είναι τόσο συχνοί. Το ποσό του προσλαμβανόμενου νερού σε κάθε άνθρωπο διαφέρει και εξαρτάται από τη φυσική δραστηριότητα,

τη περιβαλλοντική θερμοκρασία, τη διατροφή του και τις κοινωνικές του υποχρεώσεις. Αντίθετα, απώλεια νερού μπορεί να συμβεί με ποικίλους τρόπους στο σώμα μας, όπως μέσω του αναπνευστικού και του γαστρεντερικού συστήματος, μέσω των ούρων και το πιο σημαντικό μέσω της επιδερμίδας με την παραγωγή και εξάτμιση του ιδρώτα. Η έμμηνος ρύση αποτελεί ακόμη μία δυνητική οδό απώλειας νερού στις γυναίκες.

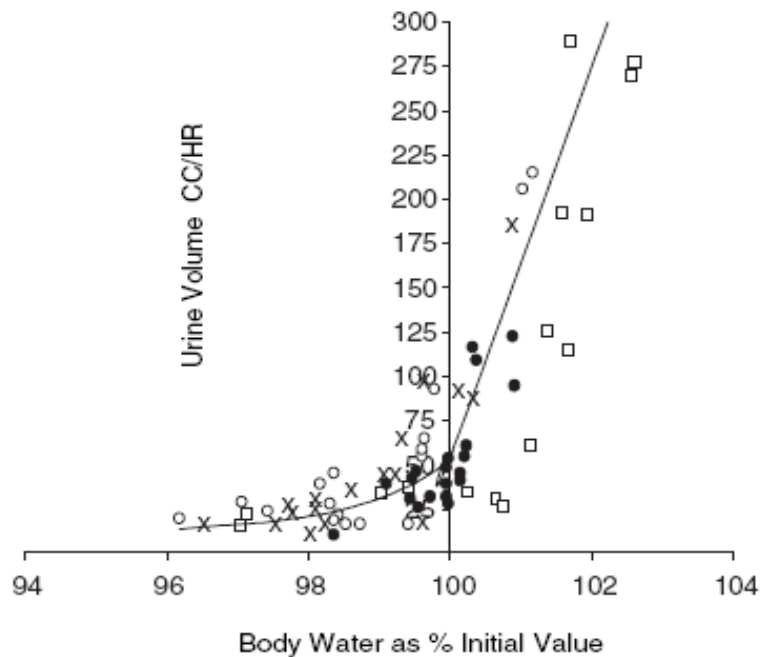
Κάτω από φυσιολογικές συνθήκες τα νεφρά είναι οι κύριοι ρυθμιστές της ισορροπίας υγρών στο σώμα. Είναι υπεύθυνα για τη ρύθμιση του όγκου και της περιεκτικότητας σε συστατικά των εξωκυτταρικών υγρών μέσω μιας σειράς από νευροδιαβιβαστικά μονοπάτια (Andreoli *et al.*, 2000). Παρόλο που τα νεφρά φιλτράρουν πάνω από 150 λίτρα νερού τη μέρα, λιγότερο από 1% είναι η ποσότητα του νερού που τελικά αποβάλλεται μέσω των ούρων. Σε ημερήσια βάση η αποβολή νερού από τα νεφρά κυμαίνεται μεταξύ 1-2 λίτρα, μπορεί όμως να φτάσει και 20 λίτρα σε άτομα που καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες νερού. Αντίθετα η ελάχιστη ποσότητα νερού που αποβάλλεται μέσω των ούρων είναι 500ml/μέρα και ορίζεται ως η αναγκαία ποσότητα που πρέπει να συγκεντρωθεί για να αποβληθούν τα τελικά προϊόντα του μεταβολισμού (π.χ κρεατινίνη, ουρία).

Η αποβολή νερού μέσω της λειτουργίας των νεφρών γίνεται κατά κύριο λόγο από τη ρύθμιση της αντιδιουρητικής ορμόνης, αγγειοπιεσίνης, και το σύστημα ρενίνης-αγγειοτενσίνης, παράγοντες που καθορίζουν το μηχανισμό επαναρρόφησης του νερού στους αθροιστικούς πόρους των νεφρών. Η αγγειοπιεσίνη παράγεται από μια ομάδα υποθαλαμικών νευρών των οποίων οι άξονες καταλήγουν στην οπίσθια υπόφυση, από την οποία η ορμόνη αυτή απελευθερώνεται στην κυκλοφορία του αίματος. Σε αυτά δε τα νεύρα καταλήγουν διάφορα εισερχόμενα σήματα από τα οποία τα πιο σημαντικά προέρχονται από τους τασεοαισθητήρες και τους ωσμωαισθητήρες και είναι υπεύθυνα για το ποσό της εκκρινόμενης αγγειοπιεσίνης. Η έκκριση της αντιδιουρητικής ορμόνης ρυθμίζεται από αλλαγές στην οσμωτικότητα και την πίεση. Τα επίπεδα της αγγειοπιεσίνης αυξάνουν μέσω των ωσμωαισθητήρων με μικρή αύξηση της οσμωτικότητας, η επαναρρόφηση νερού από τους αθροιστικούς πόρους μεγαλώνει και τελικά απεκκρίνεται ένας μικρός όγκος συμπυκνωμένων ούρων (αυξημένη οσμωτικότητα). Ομοίως, αύξηση στα επίπεδα της εκκρινόμενης αντιδιουρητικής ορμόνης επιφέρει η μείωση του όγκου του πλάσματος μέσω μείωσης της φλεβικής, κολπικής και αρτηριακής πίεσης. Τελικό αποτέλεσμα είναι η μείωση της απέκκρισης νερού μέσω αύξησης της σωληναριακής διαπερατότητας σε νερό και αύξηση της επαναρρόφησης του με στόχο τη σταθεροποίηση των υγρών του εξωκυττάριου χώρου. Το τασεοαισθητηριακό αντανakλαστικό της αγγειοπιεσίνης, έχει σχετικά υψηλό «ουδό» διέγερσης, το οποίο σημαίνει ότι πρέπει να υπάρχει αξιοσημείωτη μείωση της καρδιαγγειακής πίεσης για να ενεργοποιηθεί και στις περισσότερες φυσιολογικές καταστάσεις παίζει μικρό ρόλο σε σχέση με το αντίστοιχο των ωσμωαισθητήρων.

Η αποβολή του νερού από τα νεφρά ποικίλει ανάλογα με την περιεκτικότητα σε μακροκυτταρικά συστατικά, περιεκτικότητα σε αλάτι και το ποσό του νερού που καταναλώνουμε. Περισσότερο εμφανής βέβαια γίνεται η σχέση μεταξύ του προσλαμβανόμενου νερού και της αποβολής του μέσω των ούρων. Η ηλικία (ηλικιωμένοι vs νέοι), τα επίπεδα υδάτωσης στο σώμα, η φυσική δραστηριότητα και οι κλιματολογικές συνθήκες αποτελούν παράγοντες που επηρεάζουν τον όγκο των ούρων που αποβάλλονται. Η δυνατότητα των ηλικιωμένων για συλλογή ούρων είναι περιορισμένη συγκριτικά με εκείνη των νέων και γι' αυτό το λόγο η ελάχιστη ποσότητα αποβολής ούρων είναι μεγαλύτερη. Για παράδειγμα η μέγιστη ωσμωτικότητα ούρων των ηλικιωμένων αντρών και γυναικών (μέσο όρο 79 έτη) είναι μικρότερη από τη μέγιστη ωσμωτικότητα ούρων των νεότερων ατόμων (μέσο όρο τα 24 έτη ηλικίας), 808 mOsm/kg και 843 mOsm/kg για ηλικιωμένους άντρες και γυναίκες αντίστοιχα συγκριτικά με το 1,089 mOsm/kg των νέων. Αυτό αντιπροσωπεύει υψηλότερη ελάχιστη ποσότητα αποβολής ούρων για τους ηλικιωμένους, της τάξης των 700 και 1,086 ml/μέρα για άντρες και γυναίκες αντίστοιχα, σε σύγκριση με την ποσότητα των 392 ml/μέρα που αποβάλλουν οι νέοι (Dontas *et al.*, 1972).

Τα επίπεδα υδάτωσης στο σώμα αποτελούν ακόμη ένα παράγοντα που επηρεάζει την ποσότητα ούρων που αποβάλλεται μέσω των νεφρών. Όσο υψηλότερα είναι τα επίπεδα αφυδάτωσης, τόσο μικρότερη είναι η ποσότητα των ούρων που αποβάλλονται. Η σχέση αυτή απεικονίζεται με μία γραφική παράσταση υπερβολής (**Γραφ. παράσταση 1**). Μάλιστα ερευνητές όπως ο Freund, ο Noakes και ο Speedy διαπίστωσαν ότι η αποβολή ούρων μπορεί να αυξηθεί μέχρι και 600 με 1000 ml/ώρα με υπερβολική κατανάλωση νερού (φόρτιση νερού) (Freund *et al.*, 1995, Noakes *et al.*, 2001, Speedy *et al.*, 2001). Η αφυδάτωση, προκαλούμενη από μια ποικιλία παραγόντων όπως ανεπαρκής πρόσληψη υγρών, έντονη φυσική δραστηριότητα, έκθεση σε πολύ υψηλή θερμοκρασία, προκαλεί αύξηση στην ωσμωτικότητα και μείωση του όγκου του πλάσματος. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω οι δύο αυτοί παράγοντες επηρεάζουν την έκκριση της αντιδιουρητικής ορμόνης, η οποία προκαλεί μείωση απώλειας νερού μέσω αποβολής από τα ούρα, αυξάνοντας την επαναρρόφηση νερού από τα νεφρά.

Η φυσική δραστηριότητα και οι κλιματολογικοί παράγοντες μπορούν επίσης να επηρεάσουν το ποσό των ούρων που αποβάλλονται και συνεπώς και την απώλεια νερού από το σώμα. Η άσκηση και η επιβάρυνση της υψηλής θερμοκρασίας πυρήνα στην καρδιακή λειτουργία μπορεί να μειώσει την αποβολή των ούρων κατά 20 με 60%. Η μείωση αυτή γίνεται μέσω της επίδρασης της άσκησης στον όγκο του πλάσματος που συνεπάγεται και αλλαγές στο ποσό των ορμονών που εμπλέκονται στη ρύθμιση της ισορροπίας υγρών (αγγειοπρεσίνη, αγγειοτενσίνη), όσο και μέσω αλλαγών στη δράση του συμπαθητικού νευρικού συστήματος, αύξηση δραστηριότητας των νεφρικών συμπαθητικών νεύρων (Convertino, 1991, Mittleman, 1996, Melin, 1980, Zambraski, 1996).



Γραφ. παράσταση 1: Σχέση μεταξύ κατάστασης υδάτωσης του σώματος και ποσότητας ούρων που αποβάλλονται. (Lee, 1964).

Αντίθετα, αύξηση στο ποσό των ούρων που αποβάλλονται παρατηρείται σε χαμηλές περιβαλλοντικές θερμοκρασίες, όπως και όταν εμφανίζεται υποξία. Σε αυτές τις συνθήκες αδυνατεί να επέλθει αύξηση της αντιδιουρητικής ορμόνης, της αλδοστερόνης και της ρενίνης του πλάσματος (Freund and Young, 1996, Hoyt and Honig, 1996, Meehan 1986).

Σχετικά μικρή ποσότητα νερού αποβάλλεται μέσω του γαστρεντερικού σωλήνα, περίπου 100-200 ml/μέρα. Μεγαλύτερη ποσότητα των προσλαμβανόμενων υγρών επαναρροφάται στο λεπτό έντερο και το υπόλοιπο στο κόλον. Σε περιπτώσεις διάρροιας, εμετού και σε οποιαδήποτε παθολογική κατάσταση του γαστρεντερικού οι απώλειες νερού αυξάνονται σημαντικά με κίνδυνο την εμφάνιση αφυδάτωσης (Kavouras, 2002).

Η σχετικά μικρή ποσότητα νερού που χάνεται μέσω της αναπνοής υπολογίζεται με βάση τον όγκο του πνευμονικού αερισμού και της σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος. Η φυσική δραστηριότητα αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα που επηρεάζει την απώλεια νερού μέσω αυτής της οδού, συγκριτικά με τους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Οι απώλειες νερού μέσω του αναπνευστικού συστήματος κυμαίνονται από 250 έως 350 ml/μέρα σε άτομα με ελάχιστη και μέτρια φυσική δραστηριότητα, ενώ σε άτομα με έντονη φυσική δραστηριότητα, λόγω του προκαλούμενου από την άσκηση υπεραερισμού, η ποσότητα του νερού που αποβάλλεται μέσω της αναπνοής μπορεί να φτάσει

και 500-600 ml/μέρα (Hoyt and Honig, 1996). Περαιτέρω αύξηση στην απώλεια νερού μέσω της αναπνοής προκαλεί και η έκθεση στο υψόμετρο που μπορεί να φτάσει και 200 ml/μέρα. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος και η υγρασία επίσης μπορούν να επηρεάσουν την απώλεια νερού μέσω του αναπνευστικού συστήματος. Χαμηλό ποσοστό υγρασίας προκαλεί μεγαλύτερες απώλειες νερού μέσω της αναπνοής. Ο Mitchell και οι συνεργάτες του απέδειξαν το 1972 ότι με έντονη φυσική δραστηριότητα σε θερμό και ξηρό περιβάλλον οι απώλειες μέσω της αναπνοής αυξάνονται κατά 120-300 ml/μέρα (Mitchell *et al.*, 1972). Ομοίως ο Freund και Young (1996) απέδειξαν ότι σε ψυχρό και ξηρό περιβάλλον τόσο στην ηρεμία όσο και στην άσκηση οι απώλειες αυτές αυξάνουν κατά 15-45 ml/ώρα (Freund και Young, 1996).

Η απώλεια νερού μέσω της επιδερμίδας περιλαμβάνει την άδηλο απώλεια και την απώλεια μέσω της παραγωγής και εξάτμισης του ιδρώτα. Η απώλεια νερού μέσω αυτής της οδού καταλαμβάνει κύριο θερμορυθμιστικό ρόλο. Η εξάτμιση του ιδρώτα αποτελεί το σημαντικότερο και πρωταρχικό μηχανισμό απελευθέρωσης θερμότητας που συγκεντρώνεται λόγω αναποτελεσματικής μεταφοράς μεταβολικής ενέργειας από την οξείδωση των υποστρωμάτων στο σκελετικό μυ. Μια αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας του σώματος θα ενεργοποιήσει το μηχανισμό αυτό, όπου οι ιδρωτοποιοί αδένες εκκρίνουν ιδρώτα στην επιφάνεια του δέρματος, ο οποίος δροσίζει το σώμα όταν νερό εξατμίζεται από τον ιδρώτα. Για κάθε λίτρο ιδρώτα που εξατμίζεται, 580 kcal μπορούν να διαβιβαστούν στο περιβάλλον (Armstrong *et al.*, 1997).

Κατά μέσο όρο το ποσό του ιδρώτα που χάνεται τη μέρα είναι 500ml, όμως αυξημένη εφίδρωση πάνω από το φυσιολογικό παρατηρείται κατά τη διάρκεια έντονης φυσικής δραστηριότητας, σε αυξημένη θερμοκρασία περιβάλλοντος, σε καταστάσεις όπως πυρετός και έγκαυμα, αλλά και σε αυξημένο μεταβολισμό. Για παράδειγμα οι προπονημένοι αθλητές μπορούν να έχουν εφίδρωση της τάξης των 1500-2000 ml/ώρα όταν ασκούνται έντονα σε θερμό περιβάλλον (Sawka *et al.*, 2007), ενώ υπάρχουν και παραδείγματα αθλητών όπου χάνουν μέχρι και 3700 ml/ώρα όπως ο Alberto Salazar (Armstrong *et al.*, 1986). Συμπληρωματικά, τα χαρακτηριστικά κάθε ατόμου όπως το σωματικό του βάρος, η γενετική προδιάθεση, ο θερμο-εγκλιματισμός αλλά και η μεταβολική αποτελεσματικότητα επηρεάζουν το ρυθμό και το ποσό εφίδρωσης κατά την άσκηση (Sawka *et al.*, 2007). Διαφορές στην ποσότητα του ιδρώτα που χάνεται κατά την άσκηση παρατηρούνται και μεταξύ των δύο φύλων. Οι γυναίκες έχουν χαμηλότερο ρυθμό εφίδρωσης από τους άντρες, που οφείλεται κυρίως στο μικρότερο σωματικό τους μέγεθος, όπως επίσης και στο χαμηλότερο μεταβολικό τους ρυθμό (Sawka *et al.*, 1983).

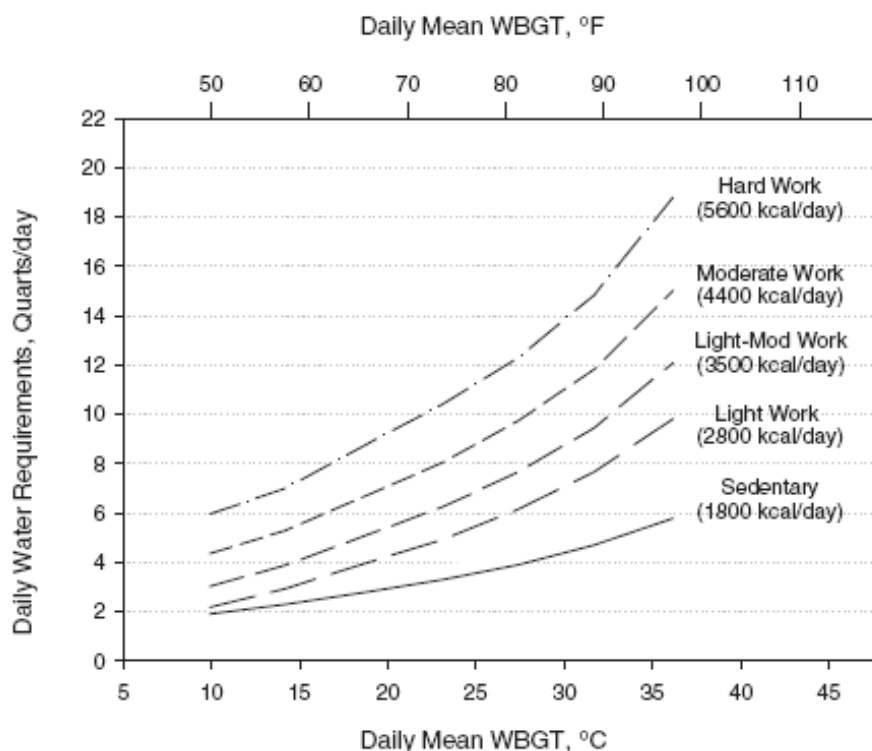
1.2 Κατανάλωση υγρών – Συστάσεις

Η φυσική δραστηριότητα μπορεί να προκαλέσει έντονο ρυθμό εφίδρωσης με συνέπεια σημαντικές απώλειες ύδατος κυρίως όταν η άσκηση γίνεται σε θερμό περιβάλλον. Αν η απώλεια νερού δεν αντικατασταθεί τότε η αφυδάτωση κατά τη διάρκεια της άσκησης θα είναι γεγονός. Η αφυδάτωση έχει αρκετές αρνητικές επιδράσεις στη λειτουργία του οργανισμού κατά τη διάρκεια της άσκησης με τελικό αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης. Παράλληλα οι επιπτώσεις στην υγεία μπορεί να γίνουν καθοριστικές για τη ζωή. Από τα παραπάνω γίνεται εύκολα αντιληπτό πόσο σημαντική είναι η κατανάλωση υγρών τόσο πριν και κατά τη διάρκεια της άσκησης όσο και μετά το τέλος της άσκησης.

Για να φτάσουμε στη σημασία της κατανάλωσης υγρών στην άσκηση, παλαιότερες έρευνες είχαν ασχοληθεί με τη διερεύνηση της απαιτούμενης πρόσληψης νερού κατά την ηρεμία. Πρωτοπόροι υπήρξαν ο Adolph το 1933, ο Newburgh το 1930 και ο Johnson το 1964, όπου μέσα από έρευνες ισορροπίας νερού κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ελάχιστη ποσότητα νερού που απαιτείται για επιβίωση είναι όχι λιγότερο από 1 λίτρο, ενώ ανάλογα με τη διαίτα, το περιβάλλον και τη φυσική δραστηριότητα το ποσό αυτό διαφοροποιείται και αυξάνεται (IOM, 2004). Διαφορές μεταξύ αντρών και γυναικών παρατηρούνται λόγω ότι οι γυναίκες είναι ανατομικά μικρότερες και έχουν χαμηλότερη μεταβολική δαπάνη ενέργειας, με αποτέλεσμα οι απαιτήσεις σε νερό να είναι μικρότερες.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η διαίτα, το περιβάλλον και η φυσική δραστηριότητα είναι παράγοντες που καθορίζουν το ποσό του προσλαμβανόμενου νερού. Σε ότι αφορά τη διαίτα, συστατικά όπως η καφεΐνη, το αλκοόλ, η πρωτεΐνη, οι φυτικές ίνες έχουν απασχολήσει το ερευνητικό ενδιαφέρον για το αν μπορούν να επηρεάσουν την απαιτούμενη ποσότητα νερού, παρόλα αυτά όμως τα αποτελέσματα δε μπορούν να συνυπολογιστούν για να έχουμε μια ολοκληρωμένη σύσταση πρόσληψης νερού (IOM, 2004). Αντίθετα, το περιβάλλον και συγκεκριμένα η θερμοκρασία περιβάλλοντος, και η φυσική δραστηριότητα αποτελούν τους πλέον σημαντικούς παράγοντες που μπορούν να καθορίσουν την ποσότητα προσλαμβανόμενου νερού στον άνθρωπο (**Γραφ. παράσταση 2**). Αυτή η απαιτούμενη ποσότητα νερού εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος της απώλειάς του μέσω του ιδρώτα και της απώλειας μέσω της αναπνοής. Η φυσική δραστηριότητα οδηγεί το άτομο που ασκείται σε έκθεση ποικίλων παραγόντων που επηρεάζουν τις απώλειες του ιδρώτα και περιλαμβάνουν, τη διάρκεια και την ένταση της άσκησης, τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και το είδος ρουχισμού. Σε ήπιες θερμοκρασίες περιβάλλοντος οι απώλειες ιδρώτα κατά την άσκηση είναι σχετικά μικρές (0.7 και 1 λίτρο/ώρα για γυναίκες και άντρες δρομείς αντίστοιχα) λόγω της ικανότητας αποβολής της θερμότητας μέσω ακτινοβολίας και περιαγωγής και όχι μέσω της εξάτμισης (Cheuvront and Haymes, 2001, Sawka *et al.*, 2007). Η φυσική κατάσταση του ατόμου έχει μικρή

επίδραση στην απώλεια ιδρώτα, εκτός και αν τη λάβουμε υπόψη μας συνδυαστικά με την ικανότητα θερμο-εγγλιματισμού.



Γραφ. παράσταση 2: Ημερήσιες απαιτήσεις σε νερό σε σχέση με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και τη φυσική δραστηριότητα (συνολική δαπάνη ενέργειας) (Sawka and Montain, 2001).

Σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος η απελευθέρωση θερμότητας από το σώμα εξαρτάται πολύ περισσότερο από το ρυθμό εφίδρωσης και την εξάτμιση. Σε τέτοιες κλιματολογικές συνθήκες όπως ήδη έχουμε αναφέρει ο ρυθμός εφίδρωσης σε ένα ασκούμενο άτομο μπορεί να φτάσει μέχρι και 2 και 3 λίτρα/ώρα. Όσο μεγαλύτερη είναι η έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος τόσο αυξάνουν και οι απαιτήσεις σε νερό. Έχει φανεί ότι οι απαιτήσεις σε νερό κυμαίνονται από 3 έως 6 λίτρα τη μέρα σε άτομα με μέτρια φυσική δραστηριότητα, άτομα αρκετά δραστήρια και άτομα με πολύ έντονη φυσική δραστηριότητα σε ήπιες θερμοκρασίες περιβάλλοντος, ενώ σε πολύ θερμό περιβάλλον το εύρος αυτό κυμαίνεται από 4 έως 12 λίτρα τη μέρα (Sawka and Montain, 2001). Αν δεν αναπληρωθούν οι απώλειες, τότε μπορεί να παρουσιαστεί ανισορροπία υγρών του σώματος και να οδηγηθούμε σε αφυδάτωση. Αφυδάτωση πάνω από 2% του σωματικού βάρους μπορεί να μειώσει την απόδοση για άσκηση, τόσο αερόβια όσο και άσκηση που απαιτεί πνευματική συγκέντρωση (Cheuvront *et al.*, 2003, IOM, 2004). Αντίθετα αφυδάτωση ακόμη και της τάξης του 3-5% του

σωματικού βάρους δε προκαλεί καμία μείωση στην απόδοση αναερόβιας άσκησης (Cheuvront *et al.*, 2006, IOM, 2004).

Συγκεκριμένα σε ότι αφορά τα έντονα ασκούμενα άτομα και τους αθλητές, ειδικές συστάσεις έχουν καθοριστεί, με βασικό στόχο τόσο την προώθηση της υγείας όσο και τη βέλτιστη απόδοση. Τεχνικές πρόσληψης νερού πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την προπόνηση ή τον αγώνα έχουν με επιτυχία καταφέρει να αντιμετωπίσουν το μεγάλο πρόβλημα της αφυδάτωσης και της προκαλούμενης από αυτή αυξημένη θερμοκρασία πυρήνα, αλλά και της γενικότερης ανισορροπίας υγρών που παρατηρείται στην έντονη φυσική δραστηριότητα. Η επιθυμητή συχνότητα κατανάλωσης νερού και η απαραίτητη ποσότητα πρόσληψης διαφοροποιείται ανάλογα με την ένταση και τη διάρκεια της άσκησης, τις περιβαλλοντικές συνθήκες, θερμοκρασία και υγρασία, τη φυσική κατάσταση και φυσιολογία του κάθε ατόμου.

Ο στόχος της κατανάλωσης ποσότητας νερού πριν από την έναρξη της άσκησης είναι να επιτύχει το ασκούμενο άτομο κατάσταση σωστής υδάτωσης. Αν επαρκής ποσότητα νερού έχει καταναλωθεί κατά τη διάρκεια των γευμάτων και κατά τη χρονική διάρκεια της ανάπαυσης από την άσκηση, τότε είναι πιθανόν το ασκούμενο άτομο να βρίσκεται σε καλά επίπεδα υδάτωσης (IOM, 2004). Αντίθετα αν έχει υποστεί μεγάλες απώλειες υγρών κατά τη διάρκεια προηγούμενης άσκησης και ο χρόνος ανάπαυσης δεν είναι αρκετός για να επιτευχθεί επανυδάτωση, τότε ένα επιθετικό πρόγραμμα υδάτωσης λίγο πριν την έναρξη της άσκησης αποκτά μεγάλη αξία, διορθώνοντας τα τυχόν χαμηλά επίπεδα υδάτωσης. Οι συστάσεις σε ένα τέτοιο πρόγραμμα περιλαμβάνουν την κατανάλωση μικρής ποσότητας νερού, περίπου 5 – 7 ml/κιλό σωματικού βάρους, τουλάχιστον 4 ώρες πριν την άσκηση. Αν δεν υπάρχει παραγωγή ούρων ή τα ούρα έχουν σκούρο χρώμα τότε η επιπλέον πρόσληψη είναι επιθυμητή, περίπου 3 – 5 ml/κιλό σωματικού βάρους, περίπου 2 ώρες πριν την έναρξη της άσκησης (Maughan *et al.*, 1996, Shirreffs and Maughan, 1998).

Πολλές έρευνες ασχολήθηκαν με το κατά πόσο η υπερυδάτωση με νερό ή γλυκερόλη πριν την άσκηση μπορεί να αυξήσει την αθλητική απόδοση ή να βελτιώσει την ανοχή σε υψηλές θερμοκρασίες πυρήνα. Κάποιοι από αυτούς βρήκαν ενθαρρυντικά αποτελέσματα, όπως ο Lyons και οι συνεργάτες του το 1990, όπου παρατήρησαν ότι με τη χορήγηση 1.1γρ/κιλό σωματικού βάρους γλυκερόλης αυξήθηκε ο ρυθμός εφίδρωσης κατά τη διάρκεια 90min ποδηλασίας στους 42° C και μειώθηκε η θερμοκρασία πυρήνα. Αντίθετα ο Latzka και οι συνεργάτες του το 1997 παρατήρησαν ότι δεν υπάρχει καμία θερμορυθμιστική επίδραση λόγω υπερυδάτωσης είτε με χορήγηση γλυκερόλης είτε με νερό από τη στιγμή που καλά επίπεδα υδάτωσης διατηρούνται καθ'όλη τη διάρκεια της άσκησης (Latzka *et al.*, 1997). Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουν και άλλοι ερευνητές για την εφαρμογή υπερυδάτωσης (Kavouras *et al.*, 2006, Freund *et al.*, 1995, Sawka *et al.*, 1998).

Ο στόχος της πρόσληψης νερού κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι να αποτρέψουμε την εμφάνιση αφυδάτωσης πάνω από 2% του σωματικού βάρους, να μειώσουμε το ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας πυρήνα και να διατηρηθεί σε υψηλά επίπεδα η απόδοση του αθλητή (Casa *et al.*, 2000). Το όφελος της πρόσληψης νερού κατά τη διάρκεια της άσκησης στη θερμορύθμιση αντικατοπτρίζεται στην αύξηση του όγκου του αίματος, στη μείωση της ενδοκυτταρικής αφυδάτωσης και στην καλύτερη διατήρηση του όγκου του εξωκυτταρικού χώρου (Casa *et al.*, 2000). Η ποσότητα του προσλαμβανόμενου νερού αλλά και η συχνότητα κατανάλωσης εξαρτάται από το ρυθμό εφίδρωσης του ατόμου που ασκείται, τη διάρκεια της άσκησης και τη δυνατότητα πρόσληψης νερού. Μεγάλη σημασία πρέπει να δίνεται στο ρυθμό πρόσληψης νερού σε άσκηση που διαρκεί πάνω από 3 ώρες, αφού όσο περισσότερο διαρκεί η άσκηση τόσο πιο εμφανής είναι η αναντιστοιχία μεταξύ αναγκών και πρόσληψης. Στην περίπτωση όπου η πρόσληψη μπορεί να ξεπερνά τις ανάγκες του οργανισμού σε νερό, μπορεί να εμφανιστεί υπονατριαιμία διάλυσης, ενώ όταν η πρόσληψη είναι μικρότερη από τις ανάγκες η αφυδάτωση προχωρά σε μεγαλύτερο ποσοστό (Montain *et al.*, 2006). Αντίθετα, για άσκηση που διαρκεί έως και μια ώρα, κάποιες έρευνες έδειξαν ότι η πρόσληψη νερού για αναπλήρωση των απωλειών δεν έχει κανένα όφελος στην απόδοση, ούτε και σε φυσιολογικές λειτουργίες (McConnell *et al.*, 1999, Robinson *et al.*, 1995).

Γενικότερα είναι πολύ δύσκολο να ορίσουμε ένα συγκεκριμένο πρόγραμμα πρόσληψης νερού κατά τη διάρκεια της άσκησης λόγω της μεγάλης ποικιλίας ειδών άσκησης-αθλημάτων, των περιβαλλοντικών συνθηκών και παραγόντων όπως η γενετική προδιάθεση, η φυσική κατάσταση και το προπονητικό επίπεδο του ατόμου που ασκείται, όπου επηρεάζουν το ρυθμό εφίδρωσης. Για να γίνει αυτό, μια απλή μέθοδος εκτίμησης των αναγκών είναι η μέτρηση του σωματικού βάρους πριν και μετά την προπόνηση ή τον αγώνα. Αυτή η μέθοδος θα μπορούσε να δείξει την τυχόν διαφορά στο βάρος που υποδηλώνει τις απώλειες ιδρώτα. Βέβαια βασική προϋπόθεση είναι η μέτρηση αυτή να γίνεται σε συνθήκες αντίστοιχες με εκείνες που θα αγωνιστεί ή θα προπονηθεί ο αθλητής. Με αυτό τον τρόπο ο αθλητής μπορεί να γνωρίζει τις ανάγκες του σε υγρά και να σχεδιάσει ένα πρόγραμμα υδάτωσης κατά τη διάρκεια της προπόνησης ή του αγώνα. Ένα τέτοιο πρόγραμμα πρέπει να είναι πλήρως εξατομικευμένο έτσι ώστε να αντιπροσωπεύει ακριβώς τις ανάγκες του κάθε ατόμου χωριστά. Στο σχεδιασμό αυτού του προγράμματος ένας ακόμη παράγοντας πρέπει να λαμβάνεται υπόψη; ο ρυθμός της γαστρικής κένωσης. Ο ρυθμός της γαστρικής κένωσης αποτελεί το πρώτο φυσικό εμπόδιο για τη διαθεσιμότητα του προσλαμβανόμενου νερού. Ο ρυθμός γαστρικής κένωσης ελέγχει το ρυθμό στον οποίο τα υγρά μεταφέρονται στο λεπτό έντερο και το μέγεθος στο οποίο επηρεάζουν τις γαστρικές εκκρίσεις. Ο μέγιστος ρυθμός γαστρικής κένωσης προσεγγίζει το 1-1,5 λίτρα/ώρα για έναν ενήλικα άντρα (Mitchell and Voss, 1991), παράλληλα όμως εξαρτάται από τον όγκο υγρών και τα συστατικά τους, ενώ διαφοροποιήσεις υπάρχουν μεταξύ των ατόμων. Όσο

μικρότερος είναι ο όγκος υγρών τόσο μειώνεται και ο ρυθμός γαστρικής κένωσης. Για να επιτευχθεί η επιθυμητή γαστρική κένωση είναι ιδανικό να υπάρχουν στο στομάχι 400 με 600 ml νερού. Αυτή η ποσότητα νερού στο στομάχι μπορεί να διατηρηθεί με μια πρόσληψη νερού 150-350ml σε μεσοδιαστήματα 15-20 λεπτών, αρχίζοντας από την έναρξη της άσκησης, όπου αποτελεί και τη γενική σύσταση πρόσληψης υγρών για ένα ασκούμενο άτομο. Είναι πολύ πιθανό όμως αυτές οι ποσότητες υγρών και αυτή η συχνότητα πρόσληψης να μη γίνουν ανεκτές σε κάποιους αθλητές και να δημιουργήσουν ενοχλήσεις στο στομάχι κατά τη διάρκεια της άσκησης. Γι' αυτό το λόγο κρίνεται απαραίτητο ο αθλητής να δοκιμάζει την πρόσληψη αυτή των μεγάλων ποσοτήτων κατά τη διάρκεια προπονήσεων.

Στις περισσότερες περιπτώσεις οι αθλητές δεν καταναλώνουν αρκετά υγρά κατά τη διάρκεια της άσκησης ώστε να εξισορροπούν τις απώλειες των υγρών και επομένως ολοκληρώνουν το αγώνισμά τους έχοντας σε κάποιο βαθμό αφυδατωθεί. Η αναπλήρωση των υγρών μετά την άσκηση είναι κριτικής σημασίας για πολλές φυσιολογικές λειτουργίες του σώματος όπως εκείνη του καρδιαγγειακού συστήματος, της θερμορύθμισης και των μεταβολικών διαδικασιών (Armstrong *et al.*, 1996, Hawley *et al.*, 1994, Maughan *et al.*, 1996, Maughan *et al.*, 1997, Maughan *et al.*, 1997). Ο στόχος μετά την άσκηση είναι να αντικατασταθούν πλήρως οι απώλειες υγρών. Το πόσο επιθετική μπορεί να είναι αυτή η αναπλήρωση μετά την άσκηση εξαρτάται από το πόσο γρήγορα πρέπει να γίνει η επανυδάτωση αλλά από το μέγεθος της απώλειας ηλεκτρολυτών. Αν οι συνθήκες το επιτρέπουν, η κατανάλωση ενός φυσιολογικού γεύματος και πρόσληψη πόσιμου νερού, μπορούν να επιτύχουν επαναφορά καλής υδάτωσης (IOM, 2004). Αν όμως το διάστημα της ανάπαυσης είναι μικρό, κάτω από 12 ώρες, τότε ένα επιθετικό πρόγραμμα αναπλήρωσης υγρών κρίνεται απαραίτητο (Maughan *et al.*, 1996, Shirreffs *et al.*, 1998). Αρκετές έρευνες έχουν δείξει ότι το νερό μόνο του ίσως να μην είναι το κατάλληλο υγρό για την αναπλήρωση μετά την άσκηση. Καταναλώνοντας μόνο νερό μειώνεται η ωσμωτικότητα που με τη σειρά της μειώνει την αίσθηση της δίψας και αυξάνει ελαφρώς την αποβολή νερού μέσω των ούρων (Armstrong *et al.*, 1996, Gonzalez-Alonso *et al.*, 1992). Αντίθετα, όταν ταυτόχρονα καταναλωθεί και ποσότητα άλατος είτε από προσθήκη στα προσλαμβανόμενα υγρά είτε από το φαγητό, βοηθάμε να διεγερθεί το αίσθημα της δίψας και να μειωθεί η παραγωγή και αποβολή ούρων προκαλώντας κατακράτηση των προσλαμβανόμενων υγρών (Sawka *et al.*, 2007).

Οι αθλητές που έχουν σαν στόχο την άμεση αναπλήρωση υγρών και επίτευξη καλών επιπέδων υδάτωσης μετά την άσκηση πρέπει να πίνουν περίπου 1.5 λίτρα υγρών για κάθε κιλό σωματικού βάρους που χάνεται. Αυτή η κατανάλωση υγρών της τάξης των 150% του σωματικού βάρους που χάθηκε κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι απαραίτητη για να καλύψει τις απώλειες λόγω εφίδρωσης συν την υποχρεωτική παραγωγή ούρων (Sawka *et al.*, 2007). Η ποσότητα των προσλαμβανόμενων

υγρών μετά την άσκηση είναι προτιμότερο να καταναλώνονται αρμονικά μέσα στη διάρκεια της ανάπαυσης από την άσκηση απ'ότι να καταναλώνονται σε τεράστιες ποσότητες σε μικρό χρονικό διάστημα για να μεγιστοποιείται η κατακράτηση υγρών (Konacs *et al.*, 2002, Wong *et al.*, 1998).

Ακόμη μια αρκετά διαδεδομένη μέθοδος επανυδάτωσης και αναπλήρωσης των υγρών που χάνονται κατά τη διάρκεια της άσκησης αποτελεί και η ενδοφλέβια χορήγηση ύδατος. Μια τέτοια μέθοδος εξασφαλίζει άμεσα αποτελέσματα σε ένα άτομο που είναι σοβαρά αφυδατωμένο, πάνω από 7% απώλειες σωματικού βάρους ή στον αθλητή εκείνο που δε μπορεί να προσλάβει δια στόματος νερό. Στις περισσότερες των περιπτώσεων η ενδοφλέβια χορήγηση ύδατος δεν έχει κανένα παραπάνω πλεονέκτημα από την αναπλήρωση που γίνεται με πρόσληψη νερού από το στόμα (Casa *et al.*, 2000).

1.3 Αξιολόγηση επιπέδων υδάτωσης

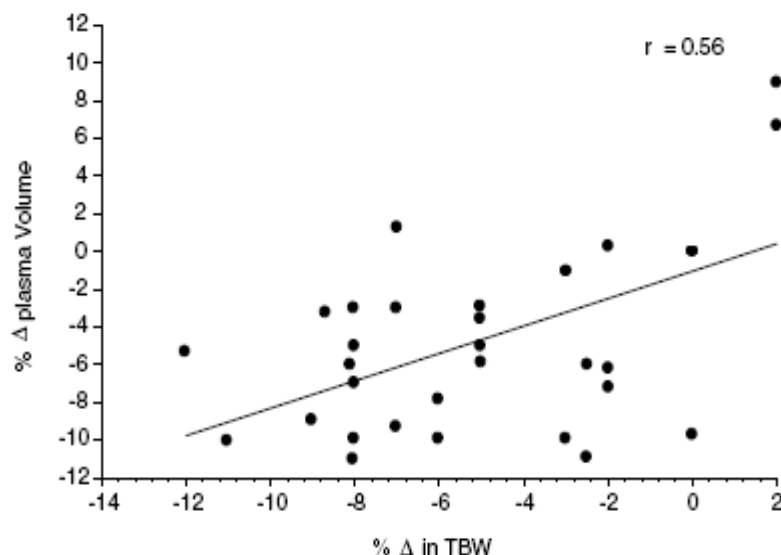
Όταν αξιολογούνται τα επίπεδα υδάτωσης ενός ατόμου, δεν υπάρχει συγκεκριμένο ποσό συνολικού νερού (TBW) σώματος που να αντιπροσωπεύει τα φυσιολογικά επίπεδα υδάτωσης, αλλά καθορισμός των διακυμάνσεων των επιπέδων του νερού στο σώμα πέρα από των οποίων μπορεί να υπάρξουν συνέπειες σε φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού (IOM, 2004). Οι μέθοδοι αξιολόγησης των επιπέδων υδάτωσης θα πρέπει να είναι αρκετά ακριβείς και ευαίσθητες έτσι ώστε να ανιχνεύουν διακυμάνσεις της τάξης του 3% του συνολικού νερού σώματος. Παράλληλα θα πρέπει να είναι πρακτικές (χρόνος, κόστος, τεχνική) για χρήση από τα ίδια τα άτομα που ασκούνται και από τους προπονητές (Sawka *et al.*, 2007). Οι μέθοδοι αυτές αποτελούν τη μέτρηση των αλλαγών του σωματικού βάρους, μέτρηση με βάση αιματολογικούς δείκτες και δείκτες ούρων, με βιοηλεκτρική εμπέδιδη (BIA), καρδιακή συχνότητα και αρτηριακή πίεση.

Η μέτρηση των αλλαγών του σωματικού βάρους ως μέθοδος αξιολόγησης των επιπέδων υδάτωσης χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση ενός σχετικά μικρού χρονικού διαστήματος όπου η πρόσληψη τροφής και υγρών όσο και η αποβολή τους είναι ελεγχόμενα. Μπορούν να υποδηλώσουν αφυδάτωση που προέρχεται κυρίως από την επίδραση της θερμότητας παρουσίας ή μη άσκησης. Σε μια τέτοια περίπτωση επειδή οι απώλειες νερού προέρχονται από τις απώλειες μέσω του ιδρώτα και από τις απώλειες μέσω των ούρων, θεωρώντας ότι η ειδική βαρύτητα του ιδρώτα και των ούρων (USG) είναι ίση με 1.0, τότε για κάθε 1 ml νερού χάνεται μέσω του ιδρώτα και τα ούρα, έχουμε μείωση βάρους κατά ένα γραμμάριο (Kavouras, 2002). Η μέθοδος αυτή μπορεί να θεωρηθεί αρκετά ακριβής αν έχουμε σωστές επαναλαμβανόμενες μετρήσεις για σημείο αναφοράς, τουλάχιστον τρεις (Cheuvront *et al.*, 2004), καθώς και αν ελέγχουμε οποιοδήποτε παράγοντα που μπορεί να επηρεάσει το σωματικό βάρος. Τέτοιοι παράγοντες είναι η φόρτιση υδατανθράκων, που μπορεί να αυξήσει το

σωματικό βάρος αναφοράς, αφού το μυϊκό γλυκογόνο κατακρατεί νερό (Sherman *et al.*, 1982), όπως επίσης και ο κύκλος της έμμηνης ρύσης στις γυναίκες (IOM, 2004). Συνήθως τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής είναι αξιόπιστα περισσότερο στα άτομα που δε παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση στο σωματικό τους βάρος (< 1%) (Kavouras, 2002, Sawka *et al.*, 2007).

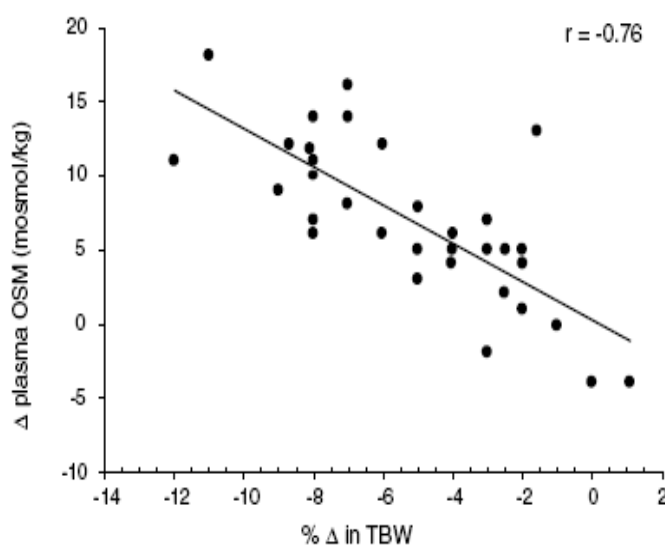
Η μέτρηση αιματολογικών παραμέτρων για την αξιολόγηση των επιπέδων υδάτωσης έχει χρησιμοποιηθεί αρκετά στο παρελθόν. Αλλαγές στις συγκεντρώσεις της αιμοσφαιρίνης και του αιματοκρίτη μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν δείκτες υδάτωσης αλλά στην πραγματικότητα αντιπροσωπεύουν αλλαγές στον όγκο του πλάσματος και όχι αλλαγές στο συνολικό νερό του σώματος (TBW). Αν οι τιμές αναφοράς των δυο αυτών παραμέτρων είναι γνωστές τότε οι αλλαγές στον όγκο του πλάσματος μπορούν να υπολογιστούν με την εξίσωση των Dill και Costill (Dill and Costill, 1974). Παρόλο που η μέθοδος αυτή είναι αρκετά αξιόπιστη από τη στιγμή που είναι διαθέσιμες οι τιμές αναφοράς, ωστόσο υπάρχουν παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν αυτές τις τιμές του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης όπως για παράδειγμα η όρθια στάση σώματος και κατά συνέπεια να επηρεάσουν και τις αλλαγές στον όγκο του πλάσματος. Ο όγκος του πλάσματος αυξάνεται όταν υπάρχουν αυξημένα επίπεδα υδάτωσης, υπερυδάτωση (Freund *et al.*, 1995, Latzka *et al.*, 1997) και μειώνεται με την αφυδάτωση (**Γραφ. παράσταση 3**). Το μέγεθος της μείωσης αυτής μπορεί να ποικίλει. Για παράδειγμα ο καλά θερμοεγκλιματιζόμενος αθλητής έχει μικρότερο ποσοστό μείωσης στον όγκο του πλάσματος για ένα δεδομένο ποσοστό αφυδάτωσης σε σχέση με τον μη θερμοεγκλιματισμένο αθλητή. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι ότι ο θερμοεγκλιματιζόμενος αθλητής χάνει μικρότερες ποσότητες ηλεκτρολυτών από τις απώλειες ιδρώτα με αποτέλεσμα ο εξωκυττάριος χώρος να περιέχει διαλύτες που ασκούν ωσμωτικές πιέσεις και αποσπών νερό από τον ενδοκυττάριο χώρο (IOM, 2004).

Τα επίπεδα της ωσμωτικότητας του πλάσματος και η συγκέντρωση νατρίου στο πλάσμα, είναι ακόμη δύο δείκτες αξιολόγησης των επιπέδων υδάτωσης, κυρίως επειδή η μέτρησή τους είναι εύκολη και η ανάλυσή τους γρήγορη. Κατά τη διάρκεια αφυδάτωσης από ανεπαρκή πρόσληψη υγρών, και οι δύο αυτοί δείκτες, αυξάνονται (**Γραφ. παράσταση 4 και 5**). Ακόμη και με το ελάχιστο ποσοστό αφυδάτωσης, της τάξης του 1% μείωση του σωματικού βάρους, η ωσμωτικότητα του πλάσματος αυξάνεται (Popowski *et al.*, 2001). Επειδή και η ωσμωτικότητα και η συγκέντρωση νατρίου του πλάσματος αποτελούν κύριους ρυθμιστές της έκκρισης της αγγειοπιεσίνης και της συγκέντρωσής της στο πλάσμα, ασκώντας την αντιδιουρητική της δράση, μπορεί από μόνη της να θεωρηθεί σαν δείκτης αξιολόγησης των επιπέδων υδάτωσης.

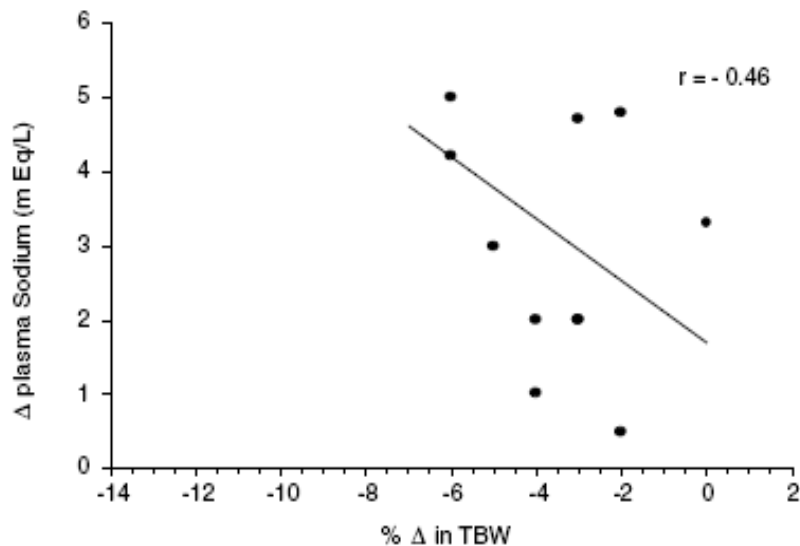


Γραφ. παράσταση 3: Σχέση μεταξύ των αλλαγών στον όγκο του πλάσματος (plasma volume) και των αλλαγών στο συνολικό νερό σώματος (TBW) (IOM, 2004).

Με την ίδια λογική και οι ορμόνες ρενίνη και αλδοστερόνη μπορούν να προσφέρουν χρήσιμες πληροφορίες για την κατάσταση υδάτωσης στο σώμα, μετρώντας αυτές στο πλάσμα. Παρόλο που η δειγματοληψία αίματος αποτελεί μια εύκολη και καθόλου χρονοβόρα διαδικασία έτσι ώστε να μετρήσουμε τις παραπάνω παραμέτρους, ωστόσο μία μόνο δειγματοληψία δεν είναι αρκετή για να παρουσιάσει το συνολικό νερό στο σώμα με τις διακυμάνσεις του (Armstrong, 2007).



Γραφ. παράσταση 4: Σχέση μεταξύ των αλλαγών στην ωσμωτικότητα του πλάσματος (plasma OSM) και των αλλαγών στο συνολικό νερό του σώματος (TBW) (IOM, 2004).



Γραφ. παράσταση 5: Σχέση μεταξύ των αλλαγών της συγκέντρωσης νατρίου (plasma sodium) στο πλάσμα και των αλλαγών στο συνολικό νερό του σώματος (TBW) (IOM, 2004).

Οι δείκτες των ούρων ως μέθοδοι αξιολόγησης των επιπέδων υδάτωσης τείνουν να γίνουν οι περισσότερο υποσχόμενοι διαθέσιμοι δείκτες, όχι μόνο επειδή δίνουν ακριβείς και γρήγορες πληροφορίες για την κατάσταση υδάτωσης στο σώμα, αλλά και γιατί είναι εύκολο να μετρηθούν. Μεγαλύτερο ενδιαφέρον φαίνεται να αποκτά η ωσμωτικότητα των ούρων (Shirreffs, 2003).

Ο όγκος και το χρώμα των ούρων αποτελούν τις πιο λιτούς δείκτες αξιολόγησης και τα αποτελέσματα των οποίων μπορούν να συσχετιστούν με εκείνα άλλων δεικτών πλάσματος ή ούρων. Αν ένα υγιές άτομο έχει αποβολή ούρων περίπου 100 ml/ώρα, τότε πιθανότατα να είναι καλά ενυδατωμένο (δες γραφική παράσταση 1). Υψηλότερα ποσά ούρων, περίπου 300-600 ml/ώρα, πιθανότατα υποδηλώνουν περίσσεια ύδατος (Freund *et al.*, 1995), ενώ αποβολή ούρων της τάξης των 30 ml/ώρα και λιγότερο υποδηλώνουν ότι το άτομο είναι αφυδατωμένο (δες γραφική παράσταση 1).

Το χρώμα των ούρων μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σαν δείκτης εκτίμησης των επιπέδων υδάτωσης, παρόλο που δεν υπάρχει ακριβής σχέση μεταξύ τους. Μπορεί να επηρεαστεί από τη διαίτα, από φαρμακευτική αγωγή, από τη χορήγηση βιταμινών και από την παρουσία αρρώστιας. Σκουρόχρωμα ούρα συλλέγουμε με μικρή ποσότητα αποβολής ούρων και ανοιχτόχρωμα ούρα με μεγάλη ποσότητα αποβολής ούρων. Παρόλο τους περιορισμούς που προκύπτουν, το χρώμα των ούρων σαν δείκτης αξιολόγησης των επιπέδων υδάτωσης αποτελεί ένα καλό μέσο εκπαίδευσης των αθλητών πάνω στους όρους αφυδάτωση και υπερυδάτωση (Casa *et al.*, 2000) και μπορεί να

χρησιμοποιηθεί διαβάζοντας την κλίμακα των οχτώ επιπέδων που όρισε ο Armstrong το 1994 (Armstrong *et al.*, 1994). (δες Β. Παράρτημα)

Το ειδικό βάρος και η ωσμωτικότητα των ούρων είναι δύο δείκτες ποσοτικοποιημένοι συγκριτικά με το χρώμα των ούρων. Ειδικό βάρος ούρων $\leq 1,020$ ορίζει καλά επίπεδα υδάτωσης σε ένα άτομο όπως επίσης και τιμή ωσμωτικότητας ούρων ≤ 700 mOsmol/kg (Sawka *et al.*, 2007). Η ωσμωτικότητα ούρων αποτελεί περισσότερο ευμετάβλητο δείκτη αφού μπορεί να επηρεαστεί πολύ εύκολα από διαλύτες όπως η γλυκόζη (IOM, 2004).

Αν και το βασικό πλεονέκτημα των δεικτών ούρων αποτελεί η ευκολία της μέτρησης, το μειονέκτημα τους ορίζεται στη χρονική στιγμή και την περίοδο της λήψης του δείγματος. Για παράδειγμα έχει οριστεί ότι μεγαλύτερη αξιοπιστία έχουν, όταν το δείγμα των ούρων είναι πρωινό (Shirreffs and Maughan, 1998) και η χρονική περίοδος συλλογής εκείνη όπου έχει σταθεροποιηθεί η κατάσταση υδάτωσης του σώματος. Περίοδος αποφυγής συλλογής δείγματος ούρων αποτελεί η περίοδος της επανυδάτωσης. Το άτομο τότε καταναλώνει τεράστιες ποσότητες υγρών και παράγει άφθονη ποσότητα ανοιχτόχρωμων ούρων πριν ουσιαστικά επανέλθει σε φυσιολογικά επίπεδα υδάτωσης (Shirreffs *et al.*, 1996), ενώ ταυτόχρονα οι τιμές τις ειδικής βαρύτητας και της ωσμωτικότητας των ούρων υποδηλώνουν κατάσταση καλής υδάτωσης. Στον πίνακα 1 φαίνονται οι τιμές των δεικτών ούρων και το ποσοστό αλλαγής του σωματικού βάρους που χαρακτηρίζουν την κατάσταση υδάτωσης του ατόμου.

Κατά τη διάρκεια της περασμένης δεκαετίας, η ανάλυση με βιοηλεκτρική εμπέδιση, ως μέθοδος αξιολόγησης των επιπέδων υδάτωσης απέκτησε ιδιαίτερο ενδιαφέρον (Piccoli *et al.*, 1994). Αποτελεί μία απλή, γρήγορη και οικονομική μέθοδο που δεν απαιτεί τη χρησιμοποίηση εκχωρητικής δειγματοληψίας, παρόλα αυτά όμως δε μπορεί να θεωρηθεί απόλυτα ακριβής. Παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη μέτρηση μεταξύ άλλων είναι και η κατανάλωση τροφής και υγρών, η άσκηση και η θερμοκρασία δέρματος. Επειδή τα υγρά, οι συγκεντρώσεις των ηλεκτρολυτών και των πρωτεϊνών του πλάσματος έχουν ανεξάρτητα αποτελέσματα πάνω στην κατάσταση υδάτωσης του σώματος, η μέτρηση με τη βιοηλεκτρική εμπέδιση μπορεί να δώσει παραπλανητικές τιμές αφυδάτωσης ή υπερυδάτωσης (O'Brien *et al.*, 2002).

Πίνακας 1.1 Μέθοδοι αξιολόγησης επιπέδων υδάτωσης (Sawka *et al.*, 2007)

Κατάσταση Υδάτωσης	% αλλαγής σωμ. βάρους	Χρώμα ούρων	Ειδικό βάρος ούρων
Καλά ενυδατωμένος	+1 έως 1	1 ή 2	<1.010
Ελαφρώς αφυδατωμένος	-1 έως -3	3 ή 4	1.010-1.020
Σημαντικά αφυδατωμένος	-3 έως -5	5 ή 6	1.021-1.030
Σοβαρά αφυδατωμένος	>5	>6	>1.030

$\% \text{ αλλαγής σωματικού βάρους} = [(\text{βάρος πριν την άσκηση} - \text{βάρος μετά την άσκηση}) / \text{βάρος πριν την άσκηση}] \times 100$

Η καρδιακή συχνότητα και η αρτηριακή πίεση σαν δείκτες εκτίμησης των επιπέδων υδάτωσης δεν μπορούν να καθορίσουν ποσοτικά διαταραχές στην ισορροπία υγρών του σώματος. Μπορούν να δώσουν μόνο μια γενική εικόνα κατάστασης υδάτωσης. Για παράδειγμα στην αφυδάτωση η καρδιακή συχνότητα αυξάνεται τόσο σε κατάσταση ηρεμίας όσο και κατά τη διάρκεια της άσκησης, χωρίς όμως να ορίζεται μια τιμή καρδιακής συχνότητας που μπορεί να καθορίσει το μέγεθος της αφυδάτωσης. Αντίθετα η αρτηριακή πίεση σε κατάσταση αφυδάτωσης μειώνεται (Kavouras, 2002).

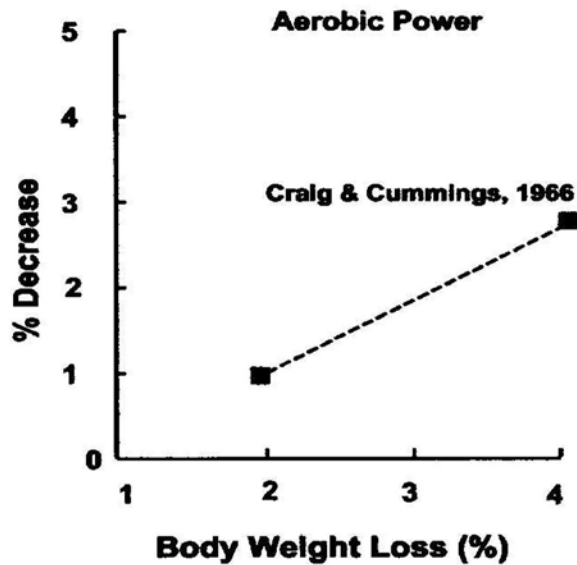
Παρόλο που όλες οι παραπάνω μέθοδοι είναι χρήσιμα εργαλεία για την εκτίμηση των επιπέδων υδάτωσης με τους δείκτες των ούρων και τη μέτρηση των αλλαγών του σωματικού βάρους να αποτελούν τους περισσότερο αποδεκτούς από το επιστημονικό κοινό, ωστόσο δεν οριστεί μέθοδος αναφοράς (GOLD STANDART).

1.4 Η επίδραση της υποϋδάτωσης - αφυδάτωσης στην αθλητική απόδοση

Οι απώλειες νερού του σώματος, που χαρακτηρίζονται ως υποϋδάτωση ή ακόμη και αφυδάτωση με μεγαλύτερες απώλειες, επηρεάζουν αρνητικά την αθλητική απόδοση, ενώ το μέγεθος της επίδρασης αυτής εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τις περιβαλλοντικές συνθήκες (Sawka and Pandolf, 1990) , το είδος της άσκησης και τα χαρακτηριστικά του αθλητή όπως φυσική κατάσταση, επίπεδο θερμοεγκλιματισμού, ανοχή στην αφυδάτωση. Οι αρνητικές επιπτώσεις της υποϋδάτωσης και αφυδάτωσης μέσω των οποίων οδηγούμαστε σε μείωση της αθλητικής απόδοσης, έχουν καθοριστεί στις αλλαγές τις καρδιαγγειακής λειτουργίας, της θερμορύθμισης, αλλαγές στη μεταβολική λειτουργία, και στο κεντρικό νευρικό σύστημα (Sawka, 1992, Sawka and Pandolf, 1990).

Ο βαθμός της αφυδάτωσης είναι αυτός που θα καθορίσει και το βαθμό στον οποίο θα παρεμποδιστούν οι φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού.

Η αρχική επίδραση της υποϋδάτωσης (απώλειες των υγρών είναι μεγαλύτερες από την πρόσληψη) στην αθλητική απόδοση είναι η εμφάνιση αφυδάτωσης. Από τη στιγμή που θα εμφανιστεί η αφυδάτωση η μείωση της μέγιστης ικανότητας αερόβιας άσκησης ($\text{VO}_{2\text{max}}$) είναι γεγονός, όπως επίσης και μείωση της ικανότητας παραγωγής έργου (**Γραφ. παράσταση 6**). Η σχέση αυτή ανάμεσα στην υποϋδάτωση – αφυδάτωση και μείωση της αθλητικής απόδοσης απασχολεί το ερευνητικό ενδιαφέρον ακόμη από τη δεκαετία του 1800. Κάποιες έρευνες έχουν αντικρουόμενα αποτελέσματα και κάποιες άλλες συνηγορούν στο ότι η αφυδάτωση της τάξης μόλις του 2% ή και ακόμη μικρότερη από 2% απώλειας του σωματικού βάρους σε θερμό περιβάλλον μειώνει την απόδοση αερόβιας άσκησης (Barr, 1999, Cheuvront *et al.*, 2005, Maughan, 2003, Montain and Coyle, 1992, Murray, 2007, Sawka, 1992, Sawka and Coyle, 1992, 1999, Armstrong *et al.*, 1985). Αντίθετα με τη φυσιολογική και την πολύ υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος, σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (2°C) η επίδραση της αφυδάτωσης είναι ελάχιστη (Cheuvront *et al.*, 2005). Σε ότι αφορά την επίδραση της υποϋδάτωσης και αφυδάτωσης στη μυϊκή δύναμη, παραγωγή ισχύος και ικανότητα άσκησης σε πολύ υψηλή ένταση, δηλαδή παραμέτρους που χαρακτηρίζουν αναερόβια άσκηση, τα αποτελέσματα και εδώ είναι αντικρουόμενα ακόμη και τα πιο πρόσφατα. Για παράδειγμα ο Cheuvront και οι συνεργάτες του απέδειξαν το 2005 και 2006 ότι σε φυσιολογικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος η προκαλούμενη από την άσκηση αφυδάτωση δεν επηρεάζει την παραγωγή μυϊκής δύναμης και γενικά την αναερόβια ικανότητα (Cheuvront *et al.*, 2005, 2006). Σε αυτό το συμπέρασμα είχε καταλήξει και ο Jacobs ακόμη από το 1980 (Jacobs, 1980). Αντίθετα ο Judelson *et al.* με τη δική του επιστημονική ομάδα απέδειξε πιο πρόσφατα (2007) ότι η μυϊκή δύναμη και παραγωγή ισχύος, καθώς και η υψηλής έντασης άσκηση που διαρκεί πάνω από 30 sec και κάτω από 2 min περιορίζεται περίπου 10% με αλλαγές στο συνολικό νερό σώματος (Judelson *et al.*, 2007). Οι διαφορές μεταξύ των ερευνών σε ότι αφορά την επίδραση των αλλαγών στο συνολικό νερό του σώματος, οφείλονται στο διαφορετικό σχεδιασμό της κάθε έρευνας και της αδυναμίας αποκλεισμού άλλων παραγόντων που μπορούν να επηρεάσουν την αθλητική απόδοση, όπως για παράδειγμα η θερμοκρασία.



Γραφ. παράσταση 6: Σχέση μεταξύ ποσοστού αφυδάτωσης και ποσοστού μείωσης μέγιστης ικανότητας παραγωγής έργου (Sawka and Young, 2000).

Τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν την αφυδάτωση είναι η μείωση του όγκου του πλάσματος, η αύξηση της ωσμωτικότητας του πλάσματος, η μείωση της επιδερμικής ροής του αίματος, η μείωση του ρυθμού εφίδρωσης, η αύξηση της θερμοκρασίας του πυρήνα, αύξηση της χρησιμοποίησης του μυϊκού γλυκογόνου και γενικότερα αλλαγές στη μεταβολική λειτουργία του οργανισμού, η αύξηση της πιθανότητας εμφάνισης θερμικής διαταραχής για να καταλήξουμε στη μείωση της αθλητικής απόδοσης. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συνολικά οι επιδράσεις της αφυδάτωσης στις φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού (**πίνακας 1.2**).

Πίνακας 1.2 Φυσιολογικές επιδράσεις της αφυδάτωσης (Murray, 1995)

Ρυθμός γαστρικής κένωσης	Μειώνεται
Σπλαχνική και νεφρική ροή αίματος	Μειώνεται
Όγκος πλάσματος	Μειώνεται
Ωσμωτικότητα πλάσματος	Αυξάνεται
Συνολικός όγκος αίματος	Μειώνεται
Αρτηριακή πίεση	Μειώνεται
Καρδιακή Συχνότητα	Αυξάνεται

Όγκος παλμού	Μειώνεται
Καρδιακή παροχή	Μειώνεται
Ρυθμός εφίδρωσης για συγκεκριμένη Θερμοκρασία πυρήνα	Μειώνεται
Θερμοκρασία πυρήνα στην οποία αρχίζει η εφίδρωση	Αυξάνεται
Μέγιστος ρυθμός εφίδρωσης	Μειώνεται
Επιδερμική ροή αίματος για συγκεκριμένη θερμοκρασία πυρήνα	Μειώνεται
Θερμοκρασία πυρήνα στην οποία η επιδερμική ροή αίματος αυξάνει	Αυξάνεται
Μέγιστη επιδερμική ροή αίματος	Μειώνεται
Θερμοκρασία πυρήνα για συγκεκριμένη ένταση άσκησης	Αυξάνεται
Χρησιμοποίηση μυϊκού γλυκογόνου	Αυξάνεται
Απόδοση αερόβιας άσκησης	Μειώνεται
Ικανότητα αερόβιας άσκησης	Μειώνεται

Τα συμπτώματα τα οποία μπορούν να εκδηλωθούν σε ένα αφυδατωμένο αθλητή είναι πολλά. Ένα από τα πρώτα σημάδια αποτελεί το αίσθημα της δίψας και μια γενική αδιαθεσία. Στη συνέχεια μπορεί να εμφανιστούν κράμπες, ερυθρό και ξηρό δέρμα και απάθεια. Καθώς η αφυδάτωση προχωρά σε υψηλότερα επίπεδα, ο αθλητής μπορεί να νιώσει ζάλη, ναυτία, πονοκέφαλο, ρίγος ακόμη και δύσπνοια, ενώ η μείωση στην ικανότητα για άσκηση γίνεται όλο και πιο εμφανής (Sawka *et al.*, 2007, Armstrong *et al.*, 1987, Armstrong and Maresh, 1993).

Αναφέραμε παραπάνω ότι το μέγεθος της επίδρασης της υποϋδάτωσης – αφυδάτωσης στην αθλητική απόδοση επηρεάζεται έντονα από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Η αναντιστοιχία αυτή της απώλειας υγρών και πρόσληψης υγρών κατά τη διάρκεια της άσκησης, με συνέπεια την εμφάνιση αφυδάτωσης, γίνεται περισσότερο έντονη σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Σε αυτές τι συνθήκες η επίδραση της αφυδάτωσης στη φυσιολογική λειτουργία του οργανισμού γίνεται πολύ έντονη.

Η επίδραση της αφυδάτωσης κατά την άσκηση σε πολύ θερμό περιβάλλον στη λειτουργία του καρδιαγγειακού συστήματος χαρακτηρίζεται από τη μείωση της καρδιακής παροχής (3 λίτρα/λεπτό) (Gonzalez-Alonso, 1998), καθώς και μείωση του όγκου παλμού, δηλαδή της εξώθησης αίματος από την καρδιά (Gonzalez-Alonso *et al.*, 1997, Montain and Coyle, 1992, Montain *et al.*, 1998). Ο

Mountain και οι συνεργάτες του το 1998, σχεδιάζοντας μια έρευνα με διαφορετικές εντάσεις άσκησης, 25%, 45% και 65% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ($\text{VO}_{2\text{max}}$) σε θερμό περιβάλλον (30°C), έδειξαν ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της έντασης της άσκησης και της μείωσης της καρδιακής παροχής ($p < 0,05$), τόσο σε ήπια αφυδάτωση (3%) όσο και σε πιο έντονη (5%) αφυδάτωση (Mountain *et al.*, 1998). Ο Gonzalez-Alonso με τη δική του επιστημονική ομάδα το 1997 έδειξε ότι αφυδάτωση 4% απώλειες του σωματικού βάρους μειώνουν τον όγκο παλμού κατά 7-8% λόγω κυρίως της μείωσης του όγκου του αίματος ενώ ταυτόχρονα αυξάνει η καρδιακή συχνότητα με στόχο να αποτρέψει τη μείωση της καρδιακής παροχής. Όταν όμως η παρουσία αφυδάτωσης συνοδεύεται από υπερθερμία τότε η μείωση στον όγκο παλμού έδειξε να είναι μεγαλύτερη, ενώ μειώθηκε και η καρδιακή παροχή κατά 13% και μείωση της αρτηριακής πίεσης $5 \pm 2\%$ (Gonzalez-Alonso *et al.*, 1997).

Γενικότερα κατά την αφυδάτωση η καρδιαγγειακή λειτουργία προσπαθεί να διατηρηθεί σε φυσιολογικά επίπεδα, θυσιάζοντας την κυκλοφορία στην περιφέρεια. Όταν όμως συνυπάρχει η αφυδάτωση με την υπερθερμία, η ανάγκη για αποβολή θερμότητας αυξάνει, με αποτέλεσμα να αυξάνει και η επιδερμική ροή αίματος, όπως και η ροή αίματος στον ασκούμενο μυ. Τότε η καρδιαγγειακή λειτουργία εξασθενεί (Armstrong *et al.*, 1997). Λιγότερο αίμα επιστρέφει στην καρδιά και κατά συνέπεια μειώνεται ο όγκος παλμού (Saltin, 1964, Gonzalez-Alonso *et al.*, 1995). Ο μειωμένος όγκος παλμού θα αυξήσει την καρδιακή συχνότητα, ενώ η καρδιακή παροχή μειώνεται σταδιακά σαν απόκριση του καρδιαγγειακού συστήματος. Αυτή η αντίδραση με τη σειρά της θα επιφέρει μείωση της λειτουργίας του μυός και του δέρματος μειώνοντας την ικανότητα για αποβολή της θερμότητας (Armstrong *et al.*, 1997). Τελικό αποτέλεσμα είναι η ανικανότητα του αθλητή να αντιμετωπίσει την υπερθερμία και η μείωση της ικανότητας για αερόβια άσκηση.

Η επίδραση της αφυδάτωσης στο θερμορυθμιστικό μηχανισμό κατά τη διάρκεια της άσκησης φαίνεται στο παρακάτω πίνακα (**πίνακας 1.3**). Οι επιδράσεις αυτές μπορούν να καταργήσουν τα ευεργετικά οφέλη του αθλητή που αποκτά από τη βέλτιστη φυσική του κατάσταση (Cadarette *et al.*, 1984) και από την ικανότητα θερμοεγκλιματισμού (Sawka *et al.*, 1983). Ο Sawka και οι συνεργάτες του το 1992 παρατήρησαν ότι μειώθηκε η ικανότητα αντοχής των εθελοντών στη ζέστη όταν η αφυδάτωση έφτασε το 8% μείωσης του σωματικού βάρους, ενώ ταυτόχρονα επήλθε εξάντληση σε χαμηλότερη θερμοκρασία πυρήνα (Sawka *et al.*, 1992). Ενώ αφυδάτωση της τάξης του 8% μείωσης του σωματικού βάρους είναι αρκετά υψηλή και σπάνια παρατηρείται στα αθλήματα, η έρευνα ήθελε να δείξει τη μείωση της αντοχής στη ζέστη που σχετίζεται με την αφυδάτωση.

Πίνακας 1.3 Επίδραση της αφυδάτωσης στη θερμορύθμιση κατά την άσκηση (Casa, 1999)

↓ Ρυθμού εφίδρωσης για δεδομένη θερμοκρασία πυρήνα	↓ Μέγιστου ρυθμού εφίδρωσης
↓ Επιδερμικής ροής αίματος για δεδομένη θερμοκρασία πυρήνα	↓ Μεγιστής επιδερμικής ροής αίματος
↑ Θερμοκρασίας πυρήνα στην οποία αρχίζει η εφίδρωση	↑ Θερμοκρασίας πυρήνα για δεδομένη ένταση άσκησης
↑ Θερμοκρασίας πυρήνα στην οποία αυξάνει η επιδερμική ροή αίματος	

Η αφυδάτωση αυξάνει τη θερμοκρασία πυρήνα κατά τη διάρκεια της άσκησης σε φυσιολογική (Sawka *et al.*, 1979) και σε πολύ υψηλή θερμοκρασία (Sawka *et al.*, 1983, 1985), όπου η θερμορύθμιση είναι δυνατή. Η απώλεια μόλις 1% του σωματικού βάρους αυξάνει τη θερμοκρασία πυρήνα κατά τη διάρκεια της άσκησης, ενώ όσο αυξάνει ο βαθμός της αφυδάτωσης τόσο αυξάνει και η θερμοκρασία πυρήνα (Montain and Coyle, 1992, Sawka *et al.*, 1985). Για κάθε ποσοστιαία μονάδα απώλειας σωματικού βάρους αυξάνει η θερμοκρασία πυρήνα από 0.1° έως 0,25°C (Montain and Coyle, 1992, Sawka *et al.*, 1985), ενώ η αύξηση αυτή μπορεί να είναι μεγαλύτερη σε πολύ θερμό περιβάλλον (Coyle and Montain, 1993).

Κατά τη αφυδάτωση, η αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα οφείλεται στην αδυναμία αποβολής της παραγόμενης μεταβολικής θερμότητας, κυρίως μέσω της μείωσης της συμμετοχής του μηχανισμού εξάτμισης του ιδρώτα. Τόσο η εφίδρωση (Sawka *et al.*, 1984, Kenney *et al.*, 1990, Gonzalez-Alonso *et al.*, 1995), όσο και η επιδερμική ροή αίματος (Kenney *et al.*, 1990) μειώνονται για μια δεδομένη τιμή θερμοκρασίας πυρήνα κατά την αφυδάτωση. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που ορίζονται ως υπεύθυνοι για τις αλλαγές στους θερμορυθμιστικούς μηχανισμούς είναι οι αλλαγές στο πλάσμα, η αύξηση της ωσμωτικότητας του πλάσματος και η μείωση του όγκου του πλάσματος συνδυαστικά ή όχι (Sawka *et al.*, 1992).

Το ανθρώπινο σώμα όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω, αποτελείται 65% περίπου από νερό που χωρίζεται τόσο εξωκυτταρικά, όσο και ενδοκυτταρικά. Στην ηρεμία και σε φυσιολογική κατάσταση υδάτωσης το 45% του νερού βρίσκεται ενδοκυτταρικά, ενώ το 15% βρίσκεται στο διάμεσο χώρο και το 5% στο πλάσμα. Η άσκηση, η αφυδάτωση και οι αλλαγές στη θερμοκρασία πυρήνα μπορούν να προκαλέσουν ανακατανομή των υγρών του σώματος μέσω αλλαγών στις υδροστατικές και ωσμωτικές πιέσεις (Senay, 1979). Για παράδειγμα, επειδή ο ιδρώτας είναι υποτονικός, ο αφυδατωμένος αθλητής θα παρουσιάσει αυξημένη ωσμωτικότητα πλάσματος που θα προκαλέσει ανακατανομή των υγρών του σώματος (Sawka and Pandolf, 1990). Μέτρια αφυδάτωση προκαλεί απώλειες υγρών από τον εξωκυτταρικό χώρο, αλλά όσο η αφυδάτωση προχωρά χάνονται

αναλογικά περισσότερα υγρά ενδοκυτταρικά (Costill *et al.*, 1976). Τελικό αποτέλεσμα αυτού είναι η μείωση του όγκου του πλάσματος ταυτόχρονα με την αύξηση της ωσμωτικότητας του.

Ενώ και οι δύο παραπάνω παράγοντες περιορίζουν τους θερμορυθμιστικούς μηχανισμούς κατά την αφυδάτωση, μεγαλύτερη σχέση φαίνεται να υπάρχει με την αύξηση της ωσμωτικότητας του πλάσματος (Sawka *et al.*, 1992). Η αύξηση της ωσμωτικότητας του πλάσματος, με καμία αλλαγή στον όγκο του πλάσματος, μπορεί να αυξήσει τη θερμοκρασία πυρήνα, μειώνοντας την αποβολή θερμότητας τόσο κατά την ηρεμία (Lee *et al.*, 1941) όσο και κατά την άσκηση σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (Fortney *et al.*, 1984, Harrison *et al.*, 1978). Αντίστοιχα η μείωση του όγκου του πλάσματος χωρίς καμία αλλαγή στη ωσμωτικότητα, αυξάνει τη θερμοκρασία πυρήνα και εμποδίζει την αποβολή θερμότητας κατά την άσκηση σε πολύ θερμό περιβάλλον (Nadel *et al.*, 1980a, Fortney *et al.*, 1981b). Η αυξημένη ωσμωτικότητα και η μείωση του όγκου του πλάσματος περιορίζουν το θερμορυθμιστικό μηχανισμό μέσω υποδοχέων ευαίσθητους στις αλλαγές ωσμωτικών και χαμηλών πιέσεων αντίστοιχα που βρίσκονται στον υποθάλαμο του εγκεφάλου (Nakashima *et al.*, 1984, Fortney *et al.*, 1981b).

Η επίδραση της αφυδάτωσης στη μεταβολική λειτουργία του οργανισμού κατά την άσκηση σε πολύ θερμό περιβάλλον, συνδέεται με την ανικανότητα του οργανισμού να αποτρέψει τη μείωση της καρδιακής παροχής (Gonzalez-Alonso *et al.*, 1998). Η μείωση της καρδιακής παροχής θα έχει σαν συνέπεια να μειωθεί και η ροή αίματος προς τους ασκούμενους μύες (Gonzalez-Alonso *et al.*, 1999, Gonzalez-Alonso and Calbet, 2003). Παρόλο αυτή τη μείωση, η προσφορά γλυκόζης και ελεύθερων λιπαρών οξέων προς τον ασκούμενο μυ δε μειώνεται, όπως και η απομάκρυνση του παραγόμενου γαλακτικού οξέος (Gonzalez-Alonso *et al.*, 1999). Αντίθετα παρατηρείται αύξηση της χρησιμοποίησης του μυϊκού γλυκογόνου και της παραγωγής του γαλακτικού οξέος (Gonzalez-Alonso *et al.*, 1999, Hargreaves *et al.*, 1996) καθώς και μείωση της χρησιμοποίησης των λιπαρών οξέων (Gonzalez-Alonso *et al.*, 1999). Η αύξηση της χρησιμοποίησης του μυϊκού γλυκογόνου από τον ασκούμενο μυ θεωρείται ότι οφείλεται στην αύξηση της συγκέντρωσης των κατεχολαμινών (Gonzalez-Alonso *et al.*, 1995, 1999). (Neufer *et al.*, 1991). Σε ότι αφορά την επανασύνθεση του μυϊκού γλυκογόνου, το 1991 ο Neufer με τους συνεργάτες του, παρατήρησαν ότι η αφυδάτωση δεν προκαλεί καμία αλλαγή. Όλα τα παραπάνω αποτελέσματα της αφυδάτωσης γίνονται εμφανή σε καταστάσεις πολύ έντονης άσκησης κυρίως σε πολύ θερμό περιβάλλον και υποδηλώνουν ότι ο βασικός παράγοντας που είναι υπεύθυνος για την εμφάνιση πρόωρης κόπωσης σε τέτοιες συνθήκες, είναι η υπερθερμία και όχι οι μεταβολές στη μεταβολική λειτουργία (Gonzalez-Alonso *et al.*, 1999). Αντίθετα, όπως απέδειξε ο Yaspelkis και οι συνεργάτες του το 1993, τα ίδια αποτελέσματα δεν παρουσιάζονται όταν γίνεται μέτριας έντασης άσκηση σε θερμό περιβάλλον από αθλητές που είναι σε καλή φυσική κατάσταση και είναι καλά θερμοεγκλιματισμένοι (Yaspelkis *et al.*, 1993). Τέλος, σε ότι

αφορά τις αλλαγές που μπορούν να επέλθουν στο pH του μυός, που συνδέεται με την ικανότητα του μυός εξουδετέρωσης των ιόντων υδρογόνου και τη συγκέντρωση ανόργανων φωσφορικών, οι μελέτες παρουσιάζουν αντικρουόμενα αποτελέσματα. Για παράδειγμα ο Montain και οι συνεργάτες του έδειξαν ότι δεν παρουσιάζεται καμία μεταβολή στο pH του μυός και στις συγκεντρώσεις των ανόργανων φωσφορικών ή και στη συγκέντρωση της κρεατινικής φωσφατάσης (Montain *et al.*, 1998). Αντίθετα, ο Horswill το 1992 έδειξε ότι η ικανότητα εξουδετέρωσης των ιόντων υδρογόνου εξασθενεί κατά την αφυδάτωση. Αυτό θα είχε σαν αποτέλεσμα να αυξάνει σταδιακά το pH του μυός (Horswill, 1992).

Η επίδραση της αφυδάτωσης στο κεντρικό νευρικό σύστημα προκύπτει μέσω της αύξησης της θερμοκρασίας πυρήνα που προκαλείται από αυτή. Το Κ.Ν.Σ και οι διανοητικές λειτουργίες γίνονται ευαίσθητα σε υψηλή θερμοκρασία πυρήνα, όπως παρατηρείται από τη συμπεριφορά δρομέων μεγάλων αποστάσεων με υπερθερμία, με εμφανή τα συμπτώματα ζάλης και αποπροσανατολισμού. Πιστεύεται ότι η υψηλή θερμοκρασία πυρήνα μειώνει τη λειτουργία των κέντρων του εγκεφάλου που είναι υπεύθυνα για την κίνηση (Murray, 1996). Σε αυτή τη μείωση φαίνεται να περιπλέκονται λειτουργίες που συμμετέχουν η σεροτονίνη και η ντοπαμίνη (Maughan *et al.*, 2007). Όπως αναφέραμε παραπάνω, η μείωση της απόδοσης των αθλητών οφείλεται στην αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα που προκαλείται από την αφυδάτωση και όχι από τις αλλαγές στη μεταβολική λειτουργία σε αυτή την κατάσταση. Πρόσφατες έρευνες συνηγορούν στο ότι η υπερθερμία και η αφυδάτωση συνδυαστικά μεταβάλλουν την ακεραιότητα του αιματοεγκεφαλικού φραγμού, και αυτό μάλλον παίζει το ρόλο του στη μείωση της απόδοσης των αθλητών σε θερμό περιβάλλον (Maughan *et al.*, 2007).

1.5 Θερμοκρασία πυρήνα και πρόσληψη υγρών

Η αφυδάτωση εκτός από τη μείωση της αθλητικής απόδοσης, συνεισφέρει και στην εμφάνιση θερμικών διαταραχών μέσω της προκαλούμενης αύξησης στη θερμοκρασία πυρήνα. Οι τρεις πιο διαδεδομένες εκφάνσεις των θερμικών διαταραχών είναι οι θερμικές κρίμπες, η θερμική λιποθυμία/εξάντληση και η θερμοπληξία (Casa, 1999). Η προσπάθεια αποφυγής οποιασδήποτε από αυτές τις καταστάσεις πρέπει να αποτελεί βασικό στόχο τόσο των αθλητών όσο και των προπονητών, γνωρίζοντας τη παθοφυσιολογία τους, τα συμπτώματά τους αλλά και τον τρόπο αντιμετώπισής τους.

Οι θερμικές κρίμπες είναι η ακούσια συστολή σε μύες ή μυϊκές ομάδες που ενεργοποιούνται κατά τη διάρκεια της άσκησης. Προκαλούνται κυρίως από ανισορροπία ηλεκτρολυτών, ενώ η αντιμετώπισή τους απαιτεί την αποκατάσταση των ηλεκτρολυτών. Οι αθλητές που εμφανίζουν

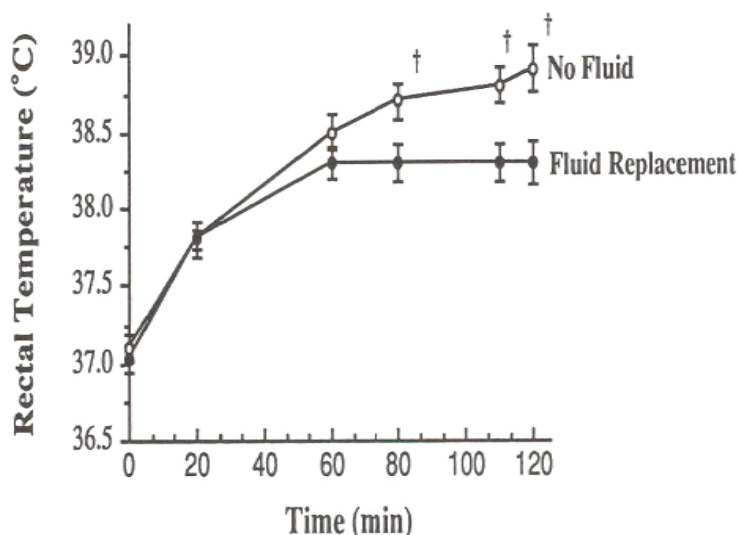
θερμικές κράμπες είτε ιδρώνουν υπερβολικά χάνοντας μεγάλη ποσότητα χλωριούχου νατρίου (NaCl), είτε αναπληρώνουν τις απώλειες υγρών με υποτονικά υγρά ή και τα δύο (Casa, 1999).

Η θερμική λιποθυμία/εξάντληση, όπου είναι και η πιο συχνά εμφανιζόμενη κατάσταση στον αθλητικό χώρο (Armstrong and Maresh, 1993), συνήθως συμβαίνει σε μη καλά θερμοεγκλιματιζόμενους αθλητές που ασκούνται σε πολύ θερμό περιβάλλον και έχουν μεγάλες απώλειες υγρών και ηλεκτρολυτών λόγω πολύ αυξημένης εφίδρωσης (Casa, 1999). Χαρακτηρίζονται από γρήγορο και αδύναμο καρδιακό παλμό, τάση για λιποθυμία και έντονη εφίδρωση. Η καρδιακή επιβάρυνση σε αυτές τις καταστάσεις είναι μεγάλη, με έντονη μείωση του όγκου του πλάσματος και περιορισμένη ικανότητα της καρδιακής παροχής να καλύψει τις ανάγκες της επιδερμικής ροής αίματος και της ροής αίματος προς τους ασκούμενους μύες καθώς η αφυδάτωση μεγαλώνει (Armstrong *et al.*, 1996). Η θερμοκρασία πυρήνα σε αυτές τις καταστάσεις δε ξεπερνά τους 39,5°C, ενώ η αντιμετώπισή τους περιλαμβάνει τη μεταφορά του αθλητή σε ψυχρό περιβάλλον και την αναπλήρωση των υγρών και ηλεκτρολυτών.

Η θερμοπληξία όπου χαρακτηρίζεται ως η ανικανότητα του υποθαλάμου να ρυθμίσει τη θερμοκρασία του σώματος (Armstrong *et al.*, 1996, Armstrong and Maresh, 1993), είναι ένα επείγον ιατρικό περιστατικό όπου ευθύνεται για ένα ποσοστό θανάτων περίπου 20%. Η διάγνωση της θερμοπληξίας γίνεται σε θερμοκρασίες πυρήνα πάνω από 39,5°C και έως 41°C, ενώ πολύ συχνά παρατηρούνται ζεστό και μερικές φορές ξηρό δέρμα, έλλειψη προσανατολισμού και νευρομυϊκής προσαρμογής, διάρροια, έμετος, υπόταση (Casa, 1999). Η αντιμετώπιση της θερμοπληξίας περιλαμβάνει την άμεση μείωση της θερμοκρασίας του σώματος, βυθίζοντας τον αθλητή σε πάγο (5°C-15°C) (Armstrong and Maresh, 1993, Costrini, 1990).

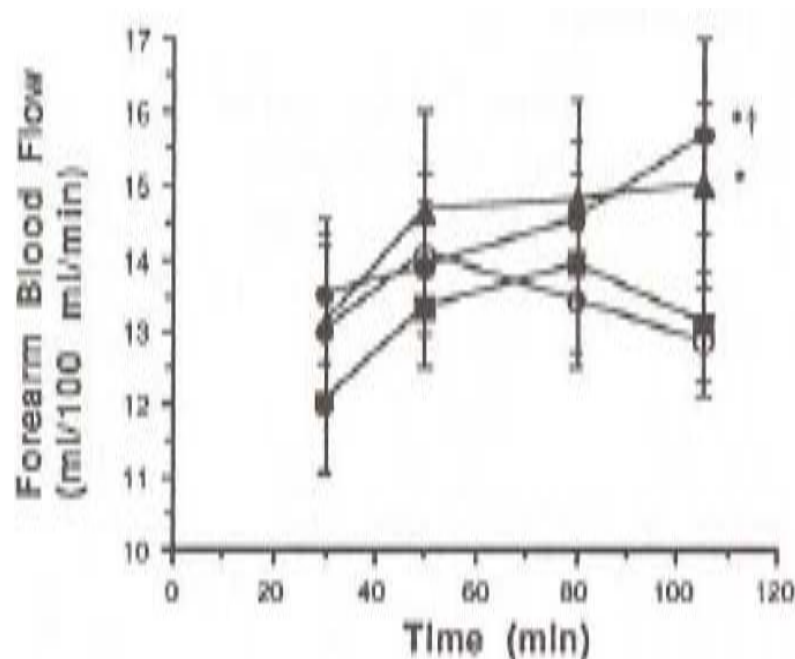
Η πρόληψη για την εμφάνιση θερμικών διαταραχών, είναι η καλή κατάσταση υδάτωσης, τόσο πριν την έναρξη της άσκησης, όσο και κατά τη διάρκεια της άσκησης. Πολλές μελέτες έχουν ασχοληθεί με τη σχέση της πρόσληψης υγρών κατά τη διάρκεια της άσκησης και τη θερμοκρασία πυρήνα, δείχνοντας ότι η αναπλήρωση των υγρών που χάνονται λόγω εφίδρωσης θα καθυστερήσει την αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα και σαν συνέπεια αυτού θα καθυστερήσει και τις μεταβολές στην καρδιαγγειακή λειτουργία. Για παράδειγμα ο Hamilton και οι συνεργάτες του το 1991, υποστήριξαν ότι η πρόσληψη υγρών κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης προλαμβάνει την μείωση στον όγκο παλμού και στην καρδιακή παροχή (Hamilton *et al.*, 1991). Συγκεκριμένα, ξεκινώντας με καλή κατάσταση υδάτωσης οι αθλητές όταν δεν αναπλήρωσαν τα υγρά κατά τη διάρκεια της άσκησης αφυδατώθηκαν σε ποσοστό 2,9% απώλειας του σωματικού βάρους και παρουσίασαν μείωση στον όγκο παλμού και την καρδιακή παροχή και αύξηση της καρδιακής συχνότητας σε ποσοστά 15, 17 και 10% αντίστοιχα σε σχέση με όταν αναπλήρωσαν τα υγρά, με

στατιστικά σημαντική διαφορά να υπάρχει κατά τη διάρκεια της δεύτερης ώρας άσκησης. Κατά τη αναπλήρωση των υγρών, που γινόταν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να αποτραπεί οποιαδήποτε μείωση του σωματικού βάρους μέχρι το τέλος της άσκησης, ο όγκος παλμού παρέμεινε σταθερός και η καρδιακή παροχή αυξήθηκε κατά 7%. Η θερμοκρασία πυρήνα αυξήθηκε 0,6°C όταν δεν γινόταν αναπλήρωση υγρών (**Γραφ. παράσταση 7**) (Hamilton et al., 1991).



Γραφ. παράσταση 7: Αλλαγές στη θερμοκρασία πυρήνα ανάλογα με το χρόνο άσκησης με πρόσληψη και χωρίς πρόσληψη υγρών (Hamilton *et al.*, 1991).

Παρομοίως ο Montain και Coyle σχεδιάζοντας μια έρευνα το 1992 με διαφορετικούς όγκους προσλαμβανόμενων υγρών σε θερμό περιβάλλον (33°C), υποστήριξαν ότι ο ιδανικός ρυθμός προσλαμβανόμενων υγρών κατά τη διάρκεια της άσκησης ικανός να περιορίσει την υπερθερμία και την επιβάρυνση της καρδιαγγειακής λειτουργίας είναι εκείνος που αντιστοιχεί περισσότερο στις απώλειες ιδρώτα (Montain and Coyle, 1992). Συγκεκριμένα η πρόσληψη υγρών κατά τη διάρκεια της άσκησης μειώνει την αύξηση στη θερμοκρασία πυρήνα αυξάνοντας την επιδερμική ροή αίματος, με τον μεγαλύτερο ρυθμό αύξησης να παρουσιάζεται με τη μεγαλύτερη κατανάλωση (**Γραφ. παράσταση 8**) (Montain and Coyle, 1992). Οι μηχανισμοί με τους οποίους η πρόσληψη υγρών περιορίζει την αύξηση στη θερμοκρασία πυρήνα περιλαμβάνουν η διατήρηση αυξημένου όγκου πλάσματος, η μείωση της ωσμωτικότητας του πλάσματος και της συγκέντρωσης νατρίου και η άμβλυνση της αύξησης των κατεχολαμινών τα οποία μπορεί να λειτουργούν σαν σήμα για τη διατήρηση της επιδερμικής ροής αίματος (Murray, 1992).

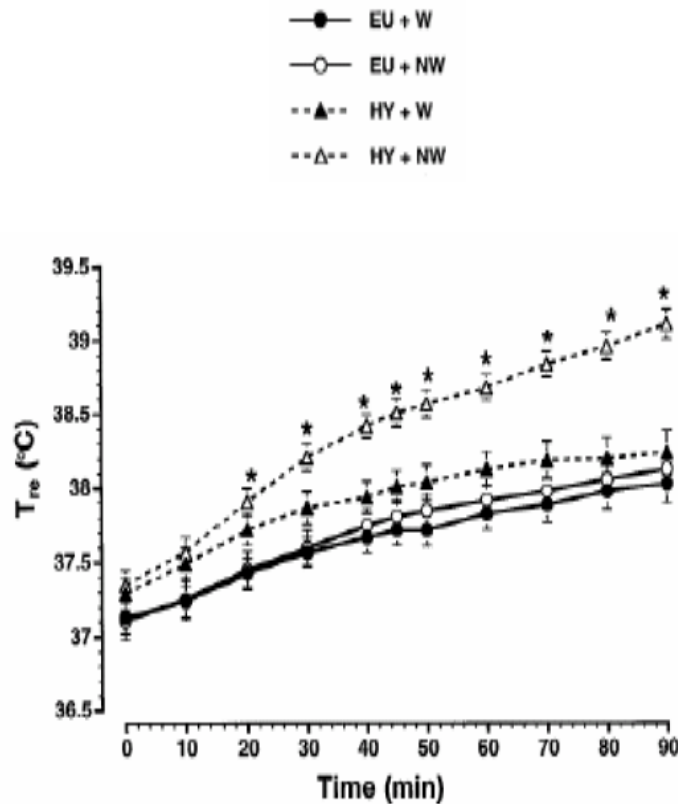


Γραφ. παράσταση 8: Αλλαγές στην επιδερμική ροή αίματος σε σχέση με το χρόνο άσκησης στους διαφορετικούς όγκους πρόσληψης υγρών. ■ μικρή πρόσληψη, ● μεγάλη πρόσληψη υγρών, ○ καθόλου πρόσληψη υγρών, ▲ μέτρια πρόσληψη υγρών (Montain and Coyle, 1992).

Ο Armstrong και οι συνεργάτες του το 1999 ασχολήθηκαν με τα αρχικά επίπεδα της υδάτωσης και την πρόσληψη νερού κατά τη διάρκεια της άσκησης, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι ξεκινώντας την άσκηση με χαμηλά επίπεδα υδάτωσης, η θερμοκρασία πυρήνα θα αυξηθεί σε σημαντικό βαθμό αν δεν καταναλωθεί η απαραίτητη ποσότητα νερού κατά τη διάρκεια της άσκησης (Armstrong et al., 1999). Το ίδιο όμως δε συμβαίνει αν προσληφθεί ποσότητα νερού (**Γραφ. παράσταση 9**). Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι ο μη καλά ενυδατωμένος αθλητής έχει την τάση να πίνει μεγαλύτερη ποσότητα υγρών λόγω μεγαλύτερης διέγερσης του αισθήματος της δίψας, που προέρχεται από την αρχικά υψηλή ωσμωτικότητα πλάσματος. Σε μία τέτοια περίπτωση η πρόσληψη νερού πρέπει να ξεπερνά τις απώλειες μέσω του ιδρώτα, αλλά και την ποσότητα που θα έπιναν αν ήταν αρχικά ενυδατωμένοι (Armstrong et al., 1999) .

1.6 Υπερυδάτωση και αθλητική απόδοση

Αναφέραμε παραπάνω στο κομμάτι των συστάσεων για την κατανάλωση υγρών το θέμα της υπερυδάτωσης, βλέποντας ότι τα αποτελέσματα των ερευνών είναι αντικρουόμενα.



Γραφ. παράσταση 9: Αλλαγές στη θερμοκρασία πυρήνα κατά τη διάρκεια άσκησης σε θερμό περιβάλλον ($33^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) σε δύο διαφορετικές καταστάσεις άσκησης με πρόσληψη και χωρίς πρόσληψη νερού (Armstrong *et al.*, 1997).

Η μέθοδος υπερυδάτωσης είτε με νερό είτε με γλυκερόλη ιδανικά θα πρέπει να αυξάνει το συνολικό νερό σώματος για εκτεταμένες χρονικές περιόδους (τουλάχιστον κάποιες ώρες), το οποίο πρέπει να διατηρεί αυξημένο τον όγκο πλάσματος. Η διατήρηση αυξημένου όγκου πλάσματος θεωρητικά θα έπρεπε να μειώνει την καρδιαγγειακή καταπόνηση και να αυξάνει την αθλητική απόδοση σε πολύ θερμό περιβάλλον όπου η επίδραση της αυξημένης θερμοκρασίας προκαλεί μεγάλες αλλαγές στις φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού. Ο Freund και οι συνεργάτες του το 1995, όπως και πιο παλιά ο Riedesel το 1987 απέδειξαν ότι το συνολικό νερό του σώματος αυξάνει όταν χρησιμοποιείται η μέθοδος της υπερυδάτωσης με γλυκερόλη, κάτι που διατηρεί αυξημένο τον όγκο του πλάσματος (Freund *et al.*, 1995, Riedesel *et al.*, 1987). Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξε και ο Latzka με τους συνεργάτες του το 1997 εφαρμόζοντας υπερυδάτωση τόσο με γλυκερόλη όσο και μόνο με νερό (Latzka *et al.*, 1997). Οι μεγάλες διαφορές όμως στο θέμα της υπερυδάτωσης έγκειται στο ποια μέθοδος, η γλυκερόλη ή μόνο το νερό, μπορεί να έχει την αναμενόμενη επίδραση στην καρδιαγγειακή λειτουργία και το θερμορυθμιστικό μηχανισμό στον αθλητή που δέχεται την επιβάρυνση της αυξημένης θερμότητας και αν τελικά υπάρχει βελτίωση της αθλητικής απόδοσης.

Σε ότι αφορά την καρδιαγγειακή λειτουργία, μείωση της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια άσκησης τόσο σε θερμό όσο και σε φυσιολογικό περιβάλλον παρατήρησαν ο Anderson και ο Riedesel με τους συνεργάτες τους το 2001 και το 1996 αντίστοιχα, ολοκληρώνοντας έρευνα με υπερυδάτωση πριν την άσκηση με γλυκερόλη (Anderson *et al.*, 2001, Riedesel *et al.*, 1996). Η ομάδα του Anderson ταυτόχρονα παρατήρησε και μείωση στη θερμοκρασία πυρήνα, όπως στο ίδιο αποτέλεσμα κατέληξε και ο Lyons με τους συνεργάτες του το 1990, όταν εφάρμοσε μέθοδο υπερυδάτωσης με 1γρ/Kg Σ.Β γλυκερόλη πριν τη μέτρια έντασης άσκηση (Lyons *et al.*, 1990). Διαφορετικό αποτέλεσμα έδειξε η έρευνα του Riedesel το 1996, όπου η θερμοκρασία πυρήνα δε μεταβλήθηκε (Riedesel *et al.*, 1996). Παρόλο που θετικά αποτελέσματα παρουσιάστηκαν με την εφαρμογή υπερυδάτωσης με γλυκερόλη στην καρδιακή συχνότητα και τη θερμοκρασία πυρήνα, ωστόσο κανένα επιπλέον πλεονέκτημα επάνω στη μέθοδο υπερυδάτωσης μόνο με νερό δεν έχει η εφαρμογή της γλυκερόλης (Latzka *et al.*, 1998, Goulet *et al.*, 2006). Στο ίδιο συμπέρασμα φαίνεται να καταλήγει και ο Latzka για την αντοχή σε αυξημένες θερμοκρασίες πυρήνα, ενώ έδειξε για την καρδιακή παροχή και την αρτηριακή πίεση ότι δε μεταβάλλονται πριν και μετά την παρέμβαση υπερυδάτωσης (Latzka *et al.*, 1998).

Τα συμπεράσματα των ερευνών για την επίδραση της μεθόδου υπερυδάτωσης στο θερμορυθμιστικό μηχανισμό κατά την άσκηση είναι επίσης αντικρουόμενα. Ο Latzka και οι συνεργάτες του το 1997 έδειξαν ότι δεν υπάρχει καμία διαφορά στο ρυθμό εφίδρωσης, στο κατώφλι θερμοκρασίας όπου αρχίζει η εφίδρωση και στην ευαισθησία εφίδρωσης όταν εφαρμόζεται μέθοδος υπερυδάτωσης σε σχέση με την ενυδάτωση, αλλά και μεταξύ των μεθόδων υπερυδάτωσης, γλυκερόλη και μόνο νερό (Latzka *et al.*, 1997, 1998). Κατά τον ίδιο τρόπο και ο Goulet με τους συνεργάτες του έδειξαν ότι μεταξύ των δύο μεθόδων δεν υπάρχει διαφορά στην αντίδραση του ρυθμού εφίδρωσης κατά τη διάρκεια άσκησης με ταυτόχρονη κατανάλωση 500ml νερού (Goulet *et al.*, 2006). Αντίθετα ο Lyons το 1990 έδειξε ότι ο ρυθμός εφίδρωσης αυξάνει κατά τη διάρκεια άσκησης σε θερμό περιβάλλον όταν υπερυδάτωση με γλυκερόλη πραγματοποιήθηκε πριν την έναρξη της άσκησης (Lyons *et al.*, 1990). Η διαφορά αυτή ίσως να οφείλεται στην πρόσληψη ή όχι υγρών κατά τη διάρκεια της άσκησης.

Η επίδραση των μεθόδων υπερυδάτωσης στην αθλητική απόδοση αποτελεί ακόμη ένα αμφιλεγόμενο κομμάτι σε αυτό το πεδίο έρευνας. Υπάρχει ένα σύνολο ερευνητών που απέδειξαν ότι υπάρχει αύξηση της αθλητικής απόδοσης ή αύξηση του χρόνου μέχρι την εμφάνιση εξάντλησης, μετά την εφαρμογή υπερυδάτωσης όπως ο Scheett, ο Anderson, ο Hitchins, ο Riedesel, ο Latzka, ο Kavouras και ο Goutts (Scheett *et al.*, 2001, Anderson *et al.*, 2001, Hitchins *et al.*, 1999, Riedesel *et al.*, 1996, Latzka *et al.*, 1998, Kavouras *et al.*, 2006, Goutts *et al.*, 2002), χωρίς όμως να ξεχωρίζουν τα ευεργετικά αποτελέσματα της επίδρασης της γλυκερόλης από την εφαρμογή της μεθόδου μόνο με

νερό (Latzka *et al.*, 1998, Scheett *et al.*, 2001), ενώ στην απέναντι όχθη βρίσκονται οι Goulet και Magal (Goulet *et al.*, 2006, Magal *et al.*, 2003). Ο Anderson μάλιστα απέδειξε ότι η αύξηση της αθλητικής απόδοσης μετά την εφαρμογή της μεθόδου υπερυδάτωσης με γλυκερόλη, οφείλεται σε μηχανισμούς άλλους από μεταβολές στο μυϊκό μεταβολισμό, αφού καμία αλλαγή δε διαπιστώθηκε στη θερμοκρασία μυός, στη συγκέντρωση κατεχολαμινών, στη συσσώρευση γαλακτικού και στην αποικοδόμηση φωσφοκρεατίνης (Anderson *et al.*, 2001).

Από όλα τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ενώ η διατήρηση στον όγκο υγρών του σώματος και κατά συνέπεια η διατήρηση του όγκου του πλάσματος είναι ικανή να μειώσει της καρδιαγγειακή καταπόνηση και να βελτιώσει τη θερμορύθμιση σε υψηλές και σε φυσιολογικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, παρόλο αυτά φαίνεται πως τα ευεργετικά οφέλη της εφαρμογής της υπερυδάτωσης οφείλονται στη αποτροπή των επιδράσεων της εμφανιζόμενης αφυδάτωσης (Latzka *et al.*, 1998, Lyons *et al.*, 1990).

Η υπερυδάτωση πριν την έναρξη της άσκησης κατά γενική ομολογία χαρακτηρίζεται από τη διατήρηση των υγρών του σώματος και τη διατήρηση του όγκου του πλάσματος κατά την διάρκεια της άσκησης και προκαλεί μικρή παραγωγή ούρων, είτε εφαρμόζεται με γλυκερόλη, είτε μόνο με νερό (Scheett *et al.*, 2001, Anderson *et al.*, 2001, Latzka *et al.*, 1998), χωρίς να υπάρχει σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο μεθόδους (**Γραφ. παράσταση 10**) (Scheett *et al.*, 2001, Latzka *et al.*, 1998). Για το αποτέλεσμα της επίδρασης της γλυκερόλης στη διατήρηση των υγρών του σώματος φαίνεται πως είναι εν μέρει υπεύθυνη η αντιδιουρητική ορμόνη όπως έδειξε το 1995 ο Freund και οι συνεργάτες του, αν και οι διαφορές στη συγκέντρωση της ορμόνης που παρουσιάζονται είναι πολύ μικρές. Εναλλακτικά, η επίδραση της γλυκερόλης μπορεί να οφείλεται στην άμεση δράση της στο εγκεφαλικό στέλεχος που ελέγχει την επαναρρόφιση του νερού στα νεφρά (Freund *et al.*, 1995).

1.7 Αίσθημα δίψας και πρόσληψη υγρών

Ο βασικότερος λόγος για τον οποίο καταφεύγουμε στην πρόσληψη υγρών είναι η έλλειψή τους από ένα ή περισσότερα διαμερίσματα του σώματός μας. Η έλλειψη αυτή είναι υπεύθυνη να σηματοδοτήσει τις απαραίτητες ενέργειες για να προσλάβουμε τη ποσότητα υγρών που θα διατηρήσει την ομοιόσταση στα υγρά του σώματός μας. Τα σήματα προέρχονται τόσο από την έλλειψη υγρών ενδοκυτταρικά και ανιχνεύονται από ωσμωαισθητήρες, όσο και από την έλλειψη υγρών εξωκυτταρικά και ανιχνεύονται από νευρικούς αισθητήρες πίεσης (Fitzsimons, 1976).

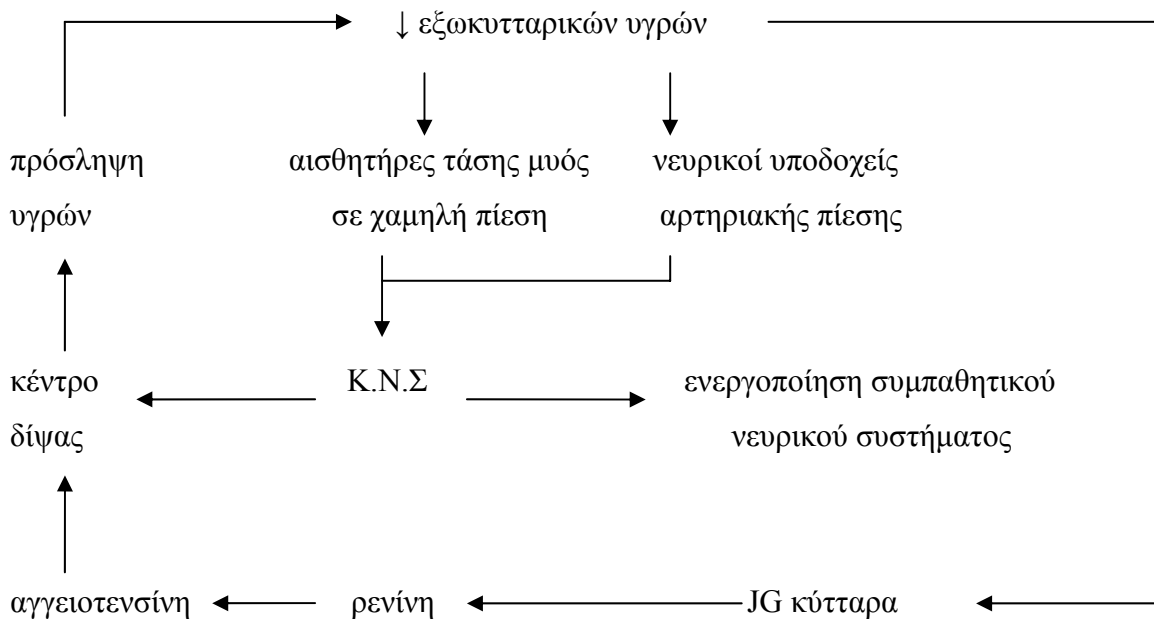


Γραφ. παράσταση 10: Αλλαγές στο συνολικό νερό σώματος κατά τη διάρκεια άσκησης με αυξημένη παραγωγή θερμότητας. ▲ ομάδα ελέγχου, ενυδάτωση, □ υπερυδάτωση με γλυκερόλη, ● υπερυδάτωση με νερό. Σε καμία ομάδα δεν έγινε αποκατάσταση υγρών κατά τη διάρκεια της άσκησης (Latzka *et al.*, 1998).

Κατά την ενδοκυτταρική αφυδάτωση, όπου μπορεί να προκύψει από αυξημένες απώλειες υγρών, όπως συμβαίνει κατά τη διάρκεια άσκησης σε πολύ θερμό περιβάλλον, από τη λήψη υπέρτονου διαλύματος αλλά και από την απώλεια καλίου, παρουσιάζεται αυξημένη ωσμωτικότητα πλάσματος. Αντίστοιχα κατά την εξωκυτταρική αφυδάτωση, όπου μπορεί να προκληθεί πέρα από τις απώλειες υγρών και την απώλεια νατρίου κατά την άσκηση και από αιμορραγία, έμετο, διάρροια, παρατηρείται μειωμένος όγκος πλάσματος, μειωμένη αρτηριακή και κεντρική φλεβική πίεση καθώς και αυξημένη συγκέντρωση αγγειοτενσίνης II στο πλάσμα (McKinley and Johnson, 2004). Όλα τα παραπάνω σήματα θα διεγείρουν το αίσθημα της δίψας και την πρόσληψη υγρών με τελικό σκοπό της αποκατάσταση της ισορροπίας υγρών του σώματος.

Τα νεφρά εκτός από το κυρίαρχο ρόλο τους στην απέκκριση νερού, φαίνεται πως παίζουν εξίσου σημαντικό ρόλο στην πρόσληψη υγρών με τρεις διαφορετικούς τρόπους. Ο πρώτος σχετίζεται με τη διατήρηση της συγκέντρωσης νατρίου, ο δεύτερος με τις αλλαγές στην ποσότητα διαλυτών όπως η γλυκόζη και η ουρία και ο τρίτος με το σύστημα ρενίνης-αγγειοτενσίνης (Fitzsimons, 1976). Το σύστημα ρενίνης-αγγειοτενσίνης θα αντιδράσει στη μείωση των εξωκυτταρικών υγρών αυξάνοντας την έκκριση της ρενίνης. Η έκκριση ρενίνης θα οδηγήσει στην παραγωγή της αγγειοτενσίνης II, η οποία θα δράσει απευθείας στον εγκέφαλο και θα προκαλέσει αντίδραση πρόσληψης υγρών ή θα

δράσει πάνω σε νευρώνες κινητοποίησης του αισθήματος της δίψας (**σχήμα 1**). Μάλιστα φαίνεται πως η δράση της στον εγκέφαλο στο κέντρο της πρόσληψης συνδέεται λειτουργικά με τον κεντρικό μηχανισμό των κατεχολαμινών, πιθανόν εκείνης της ντοπαμίνης (Fitzsimons, 1976).



Σχήμα 1: Πιθανοί μηχανισμοί που κινητοποιούν την πρόσληψη υγρών προκαλούμενοι από εξωκυτταρική αφυδάτωση (Fitzsimons, 1976).

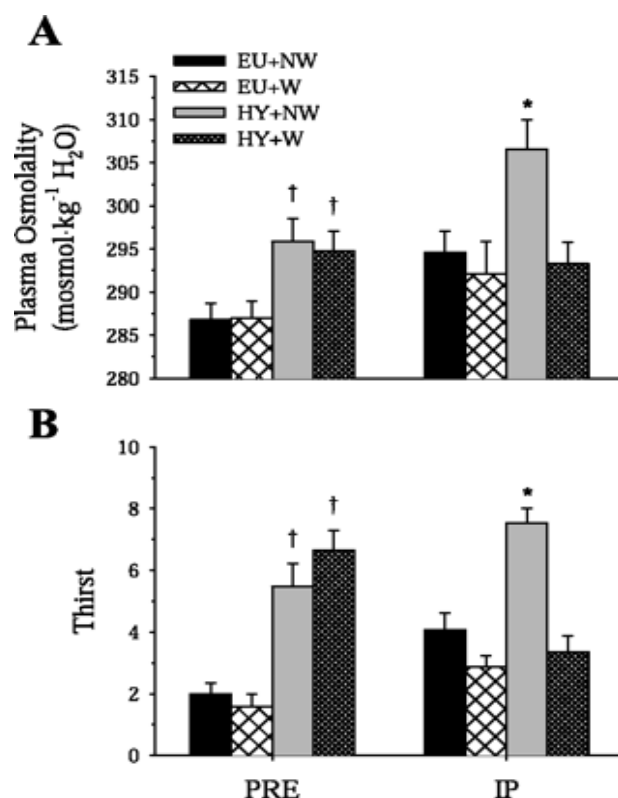
Το σύστημα ρενίνης–αγγειοτενσίνης αποτελεί πιθανά το πιο σημαντικό σύστημα που ρυθμίζει τον όγκο των εξωκυτταρικών υγρών, με τη αγγειοτενσίνη II με τη άμεση (διέγερση του αισθήματος της δίψας) και την έμμεση δράση (κατακράτηση νατρίου από τα νεφρά προκαλούμενη από την αλδοστερόνη), να είναι η ορμόνη που ρυθμίζει τον όγκο αίματος σε οποιαδήποτε στάδιο μείωσης των υγρών του σώματος (Fitzsimons, 1976).

Το αίσθημα της δίψας κατά τη διάρκεια της άσκησης έχει απασχολήσει το ερευνητικό ενδιαφέρον λόγω της εμφάνισης «εθελοντικής αφυδάτωσης». Κατά την ηρεμία η αφυδάτωση μπορεί να προληφθεί από την προκαλούμενη από το αίσθημα της δίψας πρόσληψη υγρών, κάτι το οποίο φαίνεται να μην επαρκεί κατά τη διάρκεια της άσκησης. Φυσιολογικά, γνωρίζουμε ότι η δίψα ενεργοποιείται όταν η ωσμωτικότητα φτάνει το κατώφλι της τιμής 295 mosmol/Kg H₂O (Vokes, 1987), ενώ όπως αναφέραμε παραπάνω, ορμόνες όπως η αγγειοτενσίνη II, η ντοπαμίνη, η αλδοστερόνη ασκούν τη δική τους δράση. Παρόλο την αυξημένη ωσμωτικότητα αίματος και την αυξημένη συγκέντρωση αγγειοτενσίνης II που παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια της άσκησης και

που κινητοποιούν το αίσθημα της δίψας και την πρόσληψη υγρών, αυτή δεν επαρκεί για να διατηρήσει την ισορροπία υγρών του σώματος. Η αναπλήρωση υγρών σε τέτοιες περιπτώσεις φτάνει το 66-75% των απωλειών παρόλο την ελεύθερη πρόσβαση σε υγρά (Greenleaf and Sargent, 1965, Hubbard *et al.*, 1984) και ο όρος «εθελοντική αφυδάτωση» ορίζει ακριβώς αυτή την κατάσταση. Ο Greenleaf το 1992 θέλοντας να ερευνήσει τους φυσιολογικούς μηχανισμούς για τους οποίους οι αθλητές οδηγούνται στην «εθελοντική αφυδάτωση», συμπέρανε ότι παράγοντες όπως η ικανότητα και ο ρυθμός απορρόφησης υγρών από το γαστρεντερικό σύστημα, ο βαθμός όπου η κυτταρική υδάτωση επηρεάζει την αλληλεπίδραση των ωσμωτικών πιέσεων με το Κ.Ν.Σ και με τα ευαίσθητα κύτταρα, ακόμη και κοινωνικοί παράγοντες που επηρεάζουν το είδος των υγρών που προσλαμβάνονται, αλλά και σε μικρότερο βαθμό η συγκέντρωση της αγγειοτενσίνης II, ευθύνονται για την εκδήλωση αυτού του φαινομένου (Greenleaf, 1992).

Ο βαθμός υποδάτωσης-αφυδάτωσης πριν την έναρξη της άσκησης φαίνεται πως μπορεί να επηρεάσει την πρόσληψη υγρών κατά τη διάρκεια της άσκησης. Ο Maresh και οι συνεργάτες του το 2004 απέδειξαν ότι οι αθλητές που ξεκίνησαν αφυδατωμένοι την άσκηση πραγματοποίησαν μεγαλύτερη πρόσληψη νερού κατά βούληση, με μεγαλύτερη συχνότητα συγκριτικά με εκείνους που ξεκίνησαν καλά ενυδατωμένοι. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξε και ο Armstrong με τους συνεργάτες του το 1997 (Armstrong *et al.*, 1997). Η ωσμωτικότητα πλάσματος και η αίσθηση της δίψας στους αθλητές του Maresh πριν την έναρξη της άσκησης ήταν αυξημένες σε σύγκριση με τους καλά ενυδατωμένους, ενώ υψηλές τιμές των δεικτών αυτών παρατηρήθηκαν και αμέσως μετά το τέλος της άσκησης στην περίπτωση που δεν έγινε πρόσληψη νερού κατά τη διάρκεια της άσκησης (**Γραφ. παράσταση 11**). Αντίθετα οι τιμές της ωσμωτικότητας και η αντίληψη της δίψας στους αρχικά αφυδατωμένους που προσλάμβαναν νερό, μετά το τέλος της άσκησης δε διέφεραν με εκείνες των αθλητών που ήταν καλά ενυδατωμένοι και προσλάμβαναν νερό (Maresh *et al.*, 2004).

Τα αποτελέσματα του Maresh βρίσκονται σε συμφωνία με εκείνα του Engell και των συνεργατών του όπου απέδειξε το 1987 ότι το ποσοστό αφυδάτωσης σχετίζεται άμεσα το ποσό του προσλαμβανόμενων υγρών και τη συχνότητα πρόσληψης, επηρεάζοντας αναλογικά την ωσμωτικότητα πλάσματος, την δράση της ρενίνης και τον όγκο του πλάσματος. Όσο μεγαλύτερο το ποσοστό αφυδάτωσης τόσο μεγαλύτερη η αύξηση της ωσμωτικότητας πλάσματος και η δράση της ρενίνης αλλά τόσο μεγαλύτερη και η μείωση του όγκου του πλάσματος (Engell *et al.*, 1987). Από τα παραπάνω θα μπορούσαμε να πούμε ότι η καθοδηγούμενη από το αίσθημα της δίψας πρόσληψη υγρών, ίσως να αποτελεί τον παράγοντα εκείνο που θα προστατεύσει τον αθλούμενο από την εμφάνιση της αφυδάτωσης. Το συμπέρασμα αυτό όμως βρίσκεται σε αντίθεση με τα συμπεράσματα των



Γραφ. παράσταση 11: Μέσες τιμές ωσμωτικότητας πλάσματος (A) και αντίληψης της δίψας (B) σε κάθε ομάδα πριν την έναρξη (PRE) και αμέσως μετά το τέλος της άσκησης (IP). EU+NW = ενυδατωμένοι χωρίς πρόσληψη νερού, EU+W = ενυδατωμένοι με πρόσληψη νερού, HY+NW = αφυδατωμένοι χωρίς πρόσληψη νερού, HY+W = αφυδατωμένοι με πρόσληψη νερού (Maresh *et al.*, 2004).

ερευνών του Adolph και Wolf όπου ισχυρίζονται ότι το αίσθημα της δίψας δεν επαρκεί για να διατηρήσει κατάλληλα επίπεδα υδάτωσης.

1.8 Αφυδάτωση και νεαροί αθλητές

Αναφέραμε παραπάνω ότι η αφυδάτωση της τάξης μόλις του 2% μπορεί να επηρεάσει τις φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού κατά τη διάρκεια της άσκησης και τελικά να οδηγήσει σε μείωση της αθλητικής απόδοσης. Παρόλο που το θέμα της αφυδάτωσης κατά τη διάρκεια της άσκησης λόγω ανεπαρκούς πρόσληψης υγρών έχει απασχολήσει και συνεχίζει να απασχολεί το ερευνητικό ενδιαφέρον στο πεδίο του αθλητισμού, τα δεδομένα για τους νεαρούς αθλητές είναι ελάχιστα. Στα σημεία όπου η βιβλιογραφία δίνει ιδιαίτερη σημασία για τους νεαρούς αθλητές και τα

παιδιά στο κομμάτι της αφυδάτωσης είναι η θερμορύθμιση, η εθελοντική αφυδάτωση και η αθλητική απόδοση.

Σε ότι αφορά το θερμορυθμιστικό μηχανισμό στα παιδιά έχει φανεί ότι υστερεί σε σύγκριση με εκείνο στους ενήλικες. Τα παιδιά έχουν μεγαλύτερο λόγο επιφάνειας προς όγκο (D'Anci *et al.*, 2006), παράγοντας που θεωρείται από τους σημαντικότερους που σχετίζονται με την αποβολή θερμότητας και την αποτελεσματικότητα της εξάτμισης του ιδρώτα (Falk and Dotan, 2008). Για αυτό το λόγο πιστεύεται ότι τα παιδιά εμφανίζουν μεγαλύτερο κίνδυνο αφυδάτωσης (D'Anci *et al.*, 2006). Γενικότερα τα παιδιά θεωρείται πως κατέχουν τη δική τους στρατηγική σε ότι αφορά τους θερμορυθμιστικούς μηχανισμούς και γι'αυτό το δε φαίνεται να παρουσιάζουν μεγαλύτερο ρυθμό εμφάνισης θερμοπληξίας από τους ενήλικες παρόλο τις διαφορές τους, όπως υποστηρίζει η πρόσφατη ανασκόπηση του Falk και Dotan που τονίζει ότι δεν υπάρχουν επιδημιολογικά αποτελέσματα που να υποστηρίζουν το αντίθετο. Πράγματι, το 1990 η Squire αναφέρει ότι λόγω των διαφορών των παιδιών και των νέων στη θερμορύθμιση έχουν μεγαλύτερο κίνδυνο να εμφανίσουν θερμοπληξία (Squire, 1990). Οι διαφορές αυτές έγκειται στο ότι τα παιδιά είναι λιγότερο οικονομικά, παράγοντας μεγαλύτερα ποσά θερμότητας ανά μονάδα σωματικού βάρους, έχουν μικρότερο ρυθμό εφίδρωσης σε όλες τις περιβαλλοντικές συνθήκες και βασίζονται σε μεγαλύτερο βαθμό στη στεγνή απώλεια θερμότητας από τη σχετική μεγάλη επιφάνεια δέρματος παρά στην απώλεια μέσω της εξάτμισης. Όλα τα παραπάνω αποδεικνύουν ότι η θερμορύθμιση στα παιδιά είναι λιγότερο αποδοτική από ότι στους ενήλικες αλλά κάτι τέτοιο φαίνεται να συμβαίνει σε πολύ ακραίες περιβαλλοντικές θερμοκρασίες και όχι σε φυσιολογικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος (Falk and Dotan, 2008).

Το φαινόμενο της εθελοντικής αφυδάτωσης, το οποίο είναι τόσο διαδεδομένο στους ενήλικες αθλητές, δε λείπει και στους νεαρούς αθλητές. Οι περισσότερες έρευνες στο κομμάτι αυτό σε σχέση με τα παιδιά και τους νέους έχουν περισσότερο ασχοληθεί στον τρόπο με τον οποίο μπορεί να αποτραπεί. Η ύπαρξη αφυδάτωσης στους νεαρούς αθλητές λόγω της ανεπαρκούς πρόσληψης υγρών παρόλο την ελεύθερη πρόσβαση έχει επιβεβαιωθεί, ενώ έχει συνδυαστεί με την κατανάλωση σκέτου νερού (Rivera-Brown *et al.*, 1999). Το ίδιο όμως δε συμβαίνει όταν στο νερό προστίθεται γεύση ή ακόμη καλύτερα αποτελέσματα φαίνονται να υπάρχουν όταν προστίθεται επιπλέον ποσότητα υδατανθράκων και ηλεκτρολυτών (Bar-Or and Wilk, 1996, Rivera-Brown *et al.*, 1999, Rivera-Brown *et al.*, 2008, Wilk *et al.*, 2007). Τότε έχει φανεί ότι η πρόσληψη υγρών αυξάνεται σε βαθμό που αγγίζει ακόμη και το ποσοστό του 91% όπως αναφέρει η ανασκόπηση του Bar-Or και Wilk το 1996 (Bar-Or and Wilk, 1996). Συγκεκριμένα η Rivera-Brown και οι συνεργάτες της το 1999 έδειξαν ότι η πρόσληψη υγρών με την προσθήκη γεύσης, υδατανθράκων και ηλεκτρολυτών αποτρέπει από την ήπια εθελοντική αφυδάτωση (~1% με την πρόσληψη μόνο νερού) σε θερμοεγκλιματισμένα αγόρια, παρά τις μεγάλες απώλειες ιδρώτα (Rivera-Brown *et al.*, 1999). Αντίθετα, οι ίδιοι ερευνητές αρκετά

πρόσφατα παρατήρησαν ότι το ίδιο δε συμβαίνει στα θερμοεγκλιματισμένα κορίτσια όταν ασκούνται σε πολύ θερμό και υγρό περιβάλλον (Rivera-Brown *et al.*, 2008). Η μικρή ποσότητα προσλαμβανόμενου νερού που ίσως συνδέεται με το γεγονός ότι τα παιδιά παρουσιάζουν διαφορές στην ευαισθησία του αισθήματος της δίψας σε σχέση με τους ενήλικες (D'Anci *et al.*, 2006), θα οδηγήσει σε σταδιακή αφυδάτωση, ενώ η θερμοκρασία συνεχώς θα αυξάνει αν αναλογιστούμε και την ανεπαρκή θερμορύθμιση που παρατηρείται στα παιδιά και στους νεαρούς αθλητές. Μάλιστα έχει φανεί ότι η αύξηση αυτή στη θερμοκρασία πυρήνα γίνεται γρηγορότερα από ότι στους ενήλικες, πράγμα λογικό λόγω των διαφορών που παρατηρούνται στους θερμορυθμιστικούς μηχανισμούς.

Το τελικό αποτέλεσμα της αφυδάτωσης όπως αρκετές φορές έχουμε αναφέρει είναι η μείωση της αθλητικής απόδοσης. Και στους νεαρούς αθλητές και τα παιδιά τα αποτελέσματα των ερευνών υποστηρίζουν ακριβώς το ίδιο πράγμα. Για παράδειγμα, η Baker και οι συνεργάτες της έδειξε ότι καθώς η αφυδάτωση προχωρά από το 1 στο 4% απώλειες σωματικού βάρους μειώνεται όλο και περισσότερο η αθλητική απόδοση νεαρών αθλητών του μπάσκετ. Το κατώφλι μάλιστα το οποίο καθορίζει τη στατιστικά σημαντική επίδραση της αφυδάτωσης στην αθλητική απόδοση είναι αφυδάτωση της τάξης του 2% απώλειες σωματικού βάρους (Baker *et al.*, 2007). Ο Dougherty επίσης με τους συνεργάτες του μετρώντας νεαρούς αθλητές του μπάσκετ, αγόρια ηλικίας μεταξύ 12 και 15 χρόνων έδειξε ότι 2% αφυδάτωση προκαλεί μείωση ακόμη και της τεχνικής τους ικανότητας (Dougherty *et al.*, 2006). Υπεύθυνος παράγοντας για τη μείωση της αθλητικής απόδοσης κατά την αφυδάτωση στους νεαρούς αθλητές ίσως είναι η αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα παρά οποιαδήποτε μεταβαλλόμενη από την αφυδάτωση παράμετρος της περιφέρειας, όπως για παράδειγμα αλλαγές στη μεταβολική λειτουργία του μυός, κάτι το οποίο έχει παρατηρηθεί και στους ενήλικες (Rowland *et al.*, 2007).

2.Σκοπός

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να αξιολογήσουμε την αποτελεσματικότητα ενός προγράμματος παρέμβασης με έμφαση στην πρόσληψη υγρών στη βελτίωση της κατάστασης υδάτωσης και της αθλητικής απόδοσης σε νεαρούς αθλητές όταν ασκούνται σε θερμό περιβάλλον.

3. Μεθοδολογία

3.1 Δείγμα

Συνολικά 92 νεαρά άτομα διαφόρων ηλικιών και σωματικών χαρακτηριστικών (ηλικία 13.8 ± 4.2 έτη, βάρος 54.9 ± 13.7 kg, ύψος 164 ± 13.9 cm, Σωμ.Λίπους $19.2 \pm 7.3\%$) συμμετείχαν στην έρευνα, εκ των οποίων 49 κορίτσια και 43 αγόρια. Όλοι οι εθελοντές ήταν αθλητές είτε του βόλεϊ, είτε του μπάσκετ που συμμετείχαν σε πενθήμερο προπονητικό camp με δύο προπονήσεις τη μέρα, τόσο σε εσωτερικό, όσο και σε εξωτερικό χώρο (Σάλα και Μπιτς-Βόλεϊ αντίστοιχα). Το δείγμα χωρίστηκε σε ομάδα ελέγχου 31 ατόμων (18 κορίτσια, 13 αγόρια) και σε ομάδα παρέμβασης 61 ατόμων (31 κορίτσια, 30 αγόρια).

Η θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της έρευνας κυμαινόταν από $25-26^{\circ}\text{C}$ (Tdb) τις πρωινές ώρες, μεταξύ 8:00 και 9:00, έως και 37°C (Tdb) τις απογευματινές ώρες, μεταξύ 17:00 και 18:00. Το βράδυ η θερμοκρασία έπεφτε μεταξύ $26-29^{\circ}\text{C}$ (Tdb). Η υγρασία κυμαινόταν από $20-25^{\circ}\text{C}$ (Twb) ανάλογα με τη χρονική στιγμή της ημέρας.

Κατά την έναρξη του camp, οι αθλητές και οι προπονητές ενημερώθηκαν για τους σκοπούς της μελέτης μας, τα αποτελέσματα και τα προσωπικά οφέλη από την εθελοντική συμμετοχή τους στην έρευνα. Σημαντικό κίνητρο για τη συμμετοχή των αθλητών στην έρευνα μας αποτέλεσε η δέσμευση μας για ατομική αποστολή των αποτελεσμάτων των μετρήσεων που θα πραγματοποιούνταν στα πλαίσια της μελέτης.

Το πρωτόκολλο της έρευνας εγκρίθηκε από την Επιτροπή Βιο-ηθικής του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου και όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν υπό πρότυπες συνθήκες, με βάση τη Συνθήκη της Γενεύης για την έρευνα σε ανθρώπους.

3.2 Πρωτόκολλο

Όλες οι δειγματοληψίες και οι μετρήσεις κατά τη διάρκεια της έρευνας έγιναν τη 2^η και 4^η ημέρα δύο πενθήμερων προπονητικών camp. Στο πρώτο προπονητικό camp 31 παιδιά αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου και στο δεύτερο προπονητικό camp 61 παιδιά αποτέλεσαν την ομάδα παρέμβασης. Όλοι οι εθελοντές είχαν ελεύθερη πρόσβαση σε υγρά. Η αξιολόγηση της κατάστασης υδάτωσης έγινε με δείγμα πρώτων πρωινών ούρων, ενώ η αξιολόγηση της αθλητικής απόδοσης έγινε με τεστ φυσικής κατάστασης, αντοχή 600 m και ταχύτητα 30 m, αλλά και με τεστ τεχνικής ικανότητας, κατακόρυφο άλμα και σερβίς-βολές. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων συμπληρώθηκαν

τεσσάρων ειδών ερωτηματολόγια τόσο συνηθειών υδάτωσης όσο και φυσικής κατάστασης (Α. Παράρτημα).

Μετά το τέλος των αρχικών μετρήσεων (baseline) στην ομάδα παρέμβασης, δόθηκε ενημερωτική διάλεξη προς τους εθελοντές και τους προπονητές, με θέμα τη διατροφή του αθλητή και με ιδιαίτερη έμφαση την υδάτωσή του, ενώ ταυτόχρονα τοποθετήθηκαν σε κάθε τουαλέτα που είχαν πρόσβαση οι εθελοντές οι κλίμακες αξιολόγησης του χρώματος των ούρων (Armstrong *et al*, 1994, 1998). Στη συνέχεια το πρωτόκολλο περιλάμβανε αύξηση της διαθεσιμότητας νερού σε όλους τους χώρους που κινούνταν οι εθελοντές, γήπεδα προπόνησης, εστιατόριο και δωμάτια ανάπαυσης. Τέλος έγινε μέτρηση του βάρους πριν και μετά την προπόνηση με στόχο να καταλάβει κάθε εθελοντής τη μείωση βάρους μέσω της απώλειας του ιδρώτα, ενώ ταυτόχρονα γινόταν σύσταση για πρόσληψη νερού τουλάχιστον 150% της απώλειας, αν υπήρχε, όπως ορίζει η επίσημη θέση του Αμερικανικού Κολεγίου Αθλητιατρικής του Αμερικανικού Συλλόγου Διαιτολόγων (Sawka *et al.*, 2007).



3.3 Τεχνικές μετρήσεων

Οι δειγματοληψίες πρώτων πρωινών ούρων συνοδευόταν και από ζύγιση των εθελοντών σε ηλεκτρονικό ζυγό SECA ακριβείας 100 γραμμαρίων (Model 770 1321004, Max=200 kg/440 lbs, Quality control No 4047). Τα δείγματα ούρων τοποθετήθηκαν στις καταψύξεις των εργαστηρίων του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου Αθηνών, όπου και παρέμειναν στους -40°C , μετά την ολοκλήρωση των αναλύσεων των αποτελεσμάτων που πραγματοποιούνταν άμεσα σε ειδικό σχεδιασμένο χώρο εργασίας.

Οι μετρήσεις αξιολόγησης της φυσικής κατάστασης, ικανότητα στην αντοχή, απόσταση 600m και τεστ στην ικανότητα ταχύτητας, 30m, έγιναν σε εξωτερικό χώρο, γήπεδο διαστάσεων 30 x 54 m. Για τα τεστ τεχνικής ικανότητας, όπου περιλάμβανε στατική αναπήδηση και σέρβις (x5) ορίστηκε συγκεκριμένη περιοχή στόχος (1,16x78x68) για τους αθλητές του βόλεϊ και στατική αναπήδηση και

βολές (x5) από τη γραμμή του φάουλ για τους αθλητές του μπάσκετ. Σε όλους τους αθλητές πριν την έναρξη των τεστ τοποθετήθηκαν παλμογράφοι (Polar) για την άμεση καταγραφή της καρδιακής συχνότητας (HR) μετά τον τερματισμό τους.



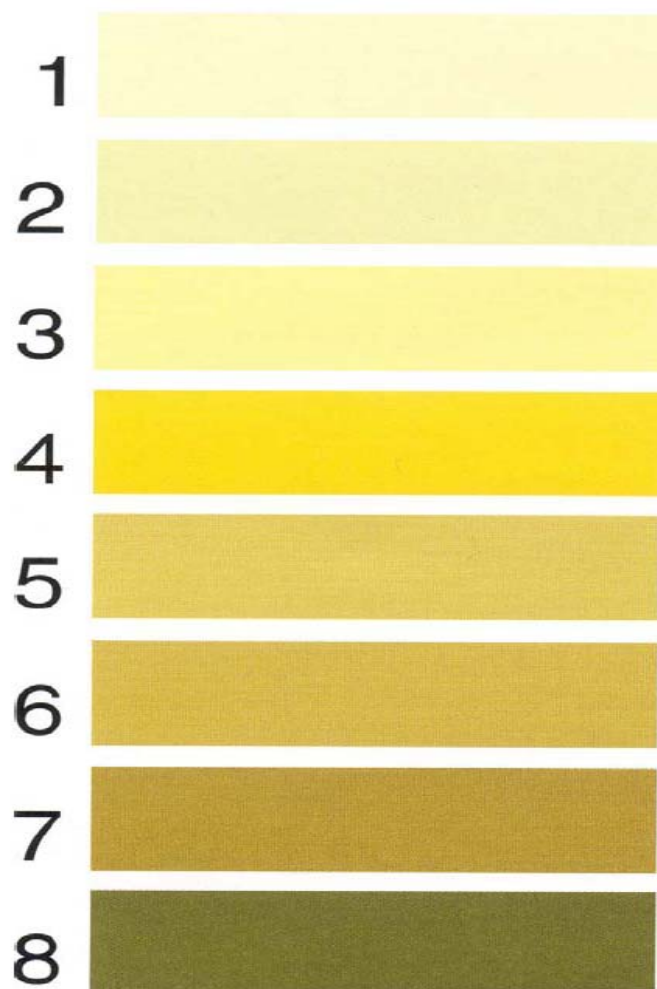
Τα ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας περιλάμβαναν ερωτηματολόγια αξιολόγησης της αίσθησης της δίψας (Rolls *et al*, 1980), ερωτηματολόγια αξιολόγησης των συνηθειών υδάτωσης, ερωτηματολόγιο που απαντούσε στην εμφάνιση ή όχι συμπτωμάτων μετά την άσκηση (Sampson and Kobrnick, 1979, 1980) και ερωτηματολόγια που είχαν στόχο την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του camp στην πρόσληψη υγρών. Τα τελευταία είχαν στόχο να δώσουν μια συνολική εικόνα της αντίδρασης των αθλητών απέναντι στο θέμα της υδάτωσης κατά τη διάρκεια του προπονητικού camp, όσο και την αξιολόγηση των γνώσεων των νεαρών αθλητών σε ότι αφορά στα επίπεδα υδάτωσης (Α. Παράρτημα).

3.4 Όργανα

Η ανάλυση των δειγμάτων των ούρων περιλάμβανε τρεις μετρήσεις. Μέτρηση της ωσμωτικότητας, με ωσμόμετρο Advanced Osmometer 3D3, Advanced Instruments, Inc. MA, USA, που χρησιμοποιεί τη μέθοδο της ταπείνωσης του σημείου πήξεως (freezing point depression), τη μέτρηση του ειδικού βάρους των ούρων (USG) με το διαθλασίμετρο Gast Manufacturing, Inc, Mishigan, USA και τέλος την αξιολόγηση του χρώματος των ούρων με βάση την κλίμακα όπως ορίζεται από τον Casa και τους συνεργάτες του (NATA, 2000).



Διαθλασίμετρο Gast Manufacturing, Inc, Mishigan, USA



Κλίμακα αξιολόγησης του χρώματος των ούρων (Armstrong *et al*, 1994, 1998)

3.5 Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με το στατιστικό πρόγραμμα SPSSv.16-EQUiNOX. Η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της παρέμβασης στην απόδοση των αθλητών και στη βελτίωση των δεικτών υδάτωσης έγινε με τη διεξαγωγή ελέγχων υποθέσεων, Student t-test, ενώ η διερεύνηση ύπαρξης πιθανής γραμμικής σχέσης έγινε με κριτήριο το συντελεστή συσχέτισης του Pearson (Pearson Correlation). Για το σύνολο της στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων, αποδεκτό επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας θεωρήθηκε η τιμή $p < 0.05$.

4. Αποτελέσματα

4.1 Δείκτες ούρων

Η ανάλυση των επιπέδων υδάτωσης (ειδικό βάρος, ωσμωτικότητα, χρώμα ούρων) έδειξε ότι και οι δύο ομάδες ήταν αρχικά αφυδατωμένες με μέση τιμή ειδικού βάρους ίση με $1,033 \pm 0,01$ και $1,031 \pm 0,01$ και μέση τιμή ωσμωτικότητας ίση με 970 ± 38 mOsmol/kg και 941 ± 30 mOsmol/kg για την ομάδα ελέγχου και την ομάδα παρέμβασης αντίστοιχα (**πίνακας 4.1**). Μεταξύ των δύο ομάδων αρχικά (πριν) δεν υπήρχε καμία στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση για τις τιμές του ειδικού βάρους και της ωσμωτικότητας των ούρων, ενώ στο χρώμα των ούρων φάνηκε πως οι δύο ομάδες διέφεραν στατιστικά σημαντικά ($p < 0,05$). Αντίθετα, οι τιμές των τελικών μετρήσεων (μετά) διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δύο ομάδων, με βελτίωση των δεικτών να υπάρχει στην ομάδα παρέμβασης.

Συγκεκριμένα, μετά το τέλος της παρέμβασης η ομάδα παρέμβασης παρουσίασε βελτιωμένη κατάσταση υδάτωσης με ειδικό βάρος (USG) = $1,031 \pm 0,01$, ωσμωτικότητα (UOsm) = 782 ± 34 mOsmol/kg και χρώμα ούρων (UColour) = $3,54 \pm 1,2$ με στατιστικά σημαντική διαφορά των τιμών μετά από τις τιμές πριν την παρέμβαση ($p < 0,05$) (**πίνακας 4.1**). Αντίθετα στην ομάδα ελέγχου δεν υπήρχε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών πριν και μετά ($p > 0,05$).

Παρόλη την παρατηρούμενη βελτίωση των επιπέδων υδάτωσης, οι τιμές τους εξακολούθησαν να βρίσκονται κατά μέσο όρο πάνω από τις τιμές αυτών που ορίζουν τα καλά επίπεδα υδάτωσης, δηλαδή κάτω από 1,020 για το ειδικό βάρος και κάτω από 700 mOsmol/Kg για την ωσμωτικότητα (Sawka *et al*, 2007).

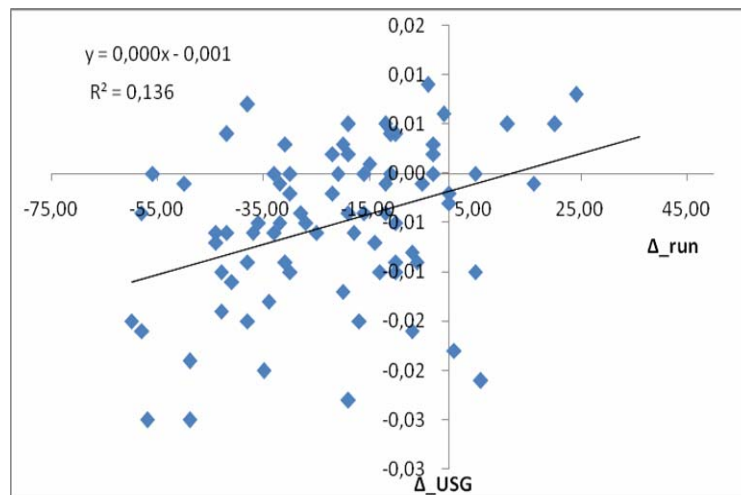
Πίνακας 4.1: Μέσες τιμές των δεικτών ούρων πριν και μετά την παρέμβαση και στις δύο ομάδες (USG = ειδικό βάρος ούρων, UOsm = ωσμωτικότητα, UColor = χρώμα ούρων)

	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ		ΟΜΑΔΑ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ	
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ
USG	1,033 ± 0,01	1,032 ± 0,01	1,031 ± 0,01	1,023 ± 0,01 *
UOSM	970 ± 38	961 ± 38	941 ± 30	782 ± 34 *
UColor	3,94 ± 1,06	4,17 ± 0,99	4,77 ± 1,15	3,54 ± 1,2 *

** $p < 0,05$ στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση πριν και μετά την παρέμβαση*

4.2 Δείκτες φυσικής κατάστασης

Σε ότι αφορά τα τεστ φυσικής κατάστασης και τα τεστ τεχνικής ικανότητας, η αποτελεσματικότητα της παρέμβασης έδειξε στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση μόνο στην ομάδα παρέμβασης στο τεστ αντοχής των 600 m, με βελτίωση του χρόνου από 189 ± 5 sec σε 167 ± 4 sec, με $p < 0,05$ (πίνακας 4.2) και καρδιακή συχνότητα 191 ± 1 παλμούς πριν και 190 ± 1 παλμούς μετά, $p > 0,05$. Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά δε παρουσιάστηκε στο χρόνο του τεστ ταχύτητας σε καμία από τις δύο ομάδες ($5,59 \pm 0,09$ sec και $5,63 \pm 0,1$ sec πριν και μετά στην ομάδα ελέγχου και $5,65 \pm 0,54$ sec και $5,58 \pm 0,6$ sec πριν και μετά στην ομάδα παρέμβασης, $p > 0,05$), στα τεστ τεχνικής, βολές και σερβίς, καθώς και στη στατική αναπήδηση, $p > 0,05$ (πίνακας 4.2). Μάλιστα η βελτίωση στο χρόνο των 600 m στην ομάδα παρέμβασης συσχετίζεται με τη μεταβολή του ειδικού βάρους των ούρων που παρουσιάζεται πριν και μετά την παρέμβαση, με το συντελεστή συσχέτισης (r) να είναι ίσος με 0,301 και στατιστική σημαντικότητα (p) ίση με 0,028 (Γραφ. παράσταση 12).



Γραφ. παράσταση 12: Σχέση μεταξύ της βελτίωσης του χρόνου των 600 m με τη μεταβολή στο ειδικό βάρος των ούρων που παρουσιάζεται πριν και μετά την παρέμβαση.

Πίνακας 4.2 Μέσες τιμές των τεστ φυσικής κατάστασης και των τεστ τεχνικής πριν και μετά την παρέμβαση και στις δύο ομάδες

	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ		ΟΜΑΔΑ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ	
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ
ΤΑΧΥΤΗΤΑ (sec) 30m	5,59 ± 0,09	5,63 ± 0,10	5,65 ± 0,54	5,58 ± 0,60
ΑΝΤΟΧΗ (sec) 600m	186 ± 10	177 ± 5	189 ± 5	167 ± 4 *
ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΑΛΜΑ (cm)	26,3 ± 1,47	25,27 ± 1,76	25 ± 9,36	24,6 ± 10,5
ΤΕΣΤ ΤΕΧΝΙΚΗΣ σερβίς-βολές	1,48 ± 0,24	1,48 ± 0,26	1,50 ± 1,08	1,55 ± 1,08

* $p < 0.05$ στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση πριν και μετά την παρέμβαση

4.3 Ερωτηματολόγια

Από τα ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα, εκείνο του αισθήματος της δίψας είχε στατιστικά σημαντική διαφορά πριν και μετά την παρέμβαση μόνο στην ομάδα παρέμβασης, με μέσες τιμές των τελικών σκορ να είναι $55,77 \pm 33,59$ mm και $47,9 \pm 31,74$ mm

αντίστοιχα, με $p < 0,041$ (πίνακας 4.3). Το ερωτηματολόγιο που απαντούσε στην εμφάνιση ή όχι συμπτωμάτων μετά την άσκηση, παρόλο που έδειξε ότι υπάρχει βελτίωση στο τελικό σκορ μετά τη παρέμβαση στην ίδια ομάδα, ωστόσο η διαφορά αυτή δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($7,46 \pm 3,51$ πριν και $6,81 \pm 4,22$ μετά την παρέμβαση, $p = 0,246$).

Πίνακας 4.3 Μέσες τιμές των τελικών σκορ των ερωτηματολογίων του αισθήματος της δίψας (mm) και των συμπτωμάτων μετά την άσκηση (άθροισμα)

	ΟΜΑΔΑ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΠΡΙΝ	ΟΜΑΔΑ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΜΕΤΑ	p-value
Αίσθημα Δίψας (mm)	$55,77 \pm 33,59$	$47,9 \pm 31,74$	0,041
Συμπτώματα μετά την Άσκηση	$7,46 \pm 3,51$	$6,81 \pm 4,22$	0,246

* $p < 0.05$ στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση πριν και μετά την παρέμβαση

Οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις στις απαντήσεις του ερωτηματολογίου των συνηθειών υδάτωσης (Α. Παράρτημα) φαίνονται στον πίνακα 4.4. Η ερώτηση που αξίζει να δώσουμε ιδιαίτερη προσοχή είναι εκείνη που απαντάει στο κατά πόσο είναι σημαντικό να πίνει ο ασκούμενος υγρά κατά τη διάρκεια της άσκησης. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι στην ομάδα παρέμβασης υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο βαθμό σημαντικότητας που έδωσαν οι αθλητές πριν και μετά την παρέμβαση, $9,53 \pm 1,25$ και $9,81 \pm 0,79$ αντίστοιχα, με $p < 0,05$. Αντίθετα στην ομάδα ελέγχου, παρόλο που η μέση τιμή του βαθμού σημαντικότητας που έδωσαν οι ασκούμενοι ήταν υψηλότερος μετά, ωστόσο δεν υπήρχε καμία στατιστική σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ του πριν και του μετά ($9,13 \pm 1,5$ και $9,53 \pm 0,94$ πριν και μετά αντίστοιχα με $p > 0,05$).

Πίνακας 4.4 Μέσες τιμές και τυπική απόκλιση των τελικών σκορ του ερωτηματολογίου συνηθειών υδάτωσης (HHQ) σε ομάδα ελέγχου και ομάδα παρέμβασης

	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΡΙΝ ΜΕΤΑ		ΟΜΑΔΑ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΠΡΙΝ ΜΕΤΑ	
Πίνεις υγρά όταν αθλείσαι;	$8,76 \pm 1,88$	$8,80 \pm 1,73$	$9,18 \pm 1,55$	$9,40 \pm 1,14$
Θεωρείς ότι είναι σημαντικό να πίνεις υγρά όταν αθλείσαι;	$9,13 \pm 1,48$	$9,53 \pm 0,94$	$9,53 \pm 1,22$	$9,81 \pm 0,82$ *

Τι είδους υγρά πίνεις, εάν πίνεις κατά τη διάρκεια της άσκησης;	2,16 ± 2,19	2,24 ± 2,25	1,84 ± 1,90	1,64 ± 1,70
Που βρίσκεις τα υγρά που πίνεις;	3,39 ± 2,03	3,10 ± 1,81	4,60 ± 2,67	5,52 ± 2,89
Σε μια φυσιολογική προπόνηση, πόσο συχνά πίνεις;	2,52 ± 1,24	2,30 ± 0,75	2,66 ± 1,00	2,47 ± 0,84
Θα ήθελες να έπινες περισσότερα υγρά κατά την άσκηση;	0,39 ± 0,50	0,37 ± 0,49	0,54 ± 0,50	0,41 ± 0,50
Μειώνεις την πρόσληψη υγρών όταν δεν υπάρχει σε κοντινό σημείο τουαλέτα;	0,40 ± 0,50	0,17 ± 0,38	0,48 ± 0,51	0,41 ± 0,50

* $p < 0.05$ στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση πριν και μετά την παρέμβαση

Ταυτόχρονα η ανάλυση της 5^{ης} ερώτησης, του ίδιου ερωτηματολογίου, η συχνότητα με την οποία οι ασκούμενοι πίνουν υγρά κατά τη διάρκεια της προπόνησης έδειξε, ότι οι μέσες τιμές της ομάδας παρέμβασης δε διέφεραν στατιστικά σημαντικά πριν και μετά την παρέμβαση ($p > 0,05$). Το ίδιο προκύπτει και για την ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$). Στο πίνακα 4.5 φαίνεται αναλυτικά το ποσοστό των ατόμων τόσο της ομάδας ελέγχου, όσο και της ομάδας παρέμβασης που απάντησαν σε κάθε επιλογή της ερώτησης.

Πίνακας 4.5 Ποσοστά αριθμού των ατόμων που απάντησαν σε κάθε επιλογή της ερώτησης πόσο συχνά καταναλώνετε υγρά κατά τη διάρκεια μιας φυσιολογικής προπόνησης

	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ		ΟΜΑΔΑ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ	
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ
Κάθε 10min	12,9	9,7	6,6	8,2
Κάθε 20min	51,6	54,8	29,5	42,6
Κάθε 30min	19,4	25,8	37,7	39,3
Κάθε 1h	9,7	6,5	4,9	3,3
Άλλο	6,5	0	3,3	1,6

Στο ερωτηματολόγιο που αξιολογεί την αποτελεσματικότητα του προπονητικού camp (Exit Q), η ερώτηση που προκαλεί μεγάλο ενδιαφέρον είναι εκείνη που απαντάει στο κατά πόσο οι αθλητές πιστεύουν ότι έκαναν καλή δουλειά με την υδάτωσή τους κατά τη διάρκεια του camp. Και στις δύο

ομάδες, οι πλειοψηφία των αθλητών, το 64,5% για την ομάδα ελέγχου και το 75,4% για την ομάδα παρέμβασης, απάντησαν ότι έκαναν εξαιρετική δουλειά, κάτι το οποίο είναι αντικρουόμενο με τα αποτελέσματα των λοιπών μετρήσεων που υποδηλώνουν κακή κατάσταση υδάτωσης (ειδικό βάρος ούρων, ωσμωτικότητα) ακόμη και μετά το τέλος της παρέμβασης. Το γεγονός αυτό το αποδεικνύει και η δυσκολία εύρεσης πιθανής αρνητικής γραμμικής συσχέτισης μεταξύ της βαθμολογίας της ερώτησης και των τιμών του ειδικού βάρους των ούρων ($r = -0,120$ με $p = 0,372$), αλλά και των τιμών της ωσμωτικότητας των ούρων μετά την παρέμβαση ($r = -0,167$ με $p = 0,213$).

Κατά τον ίδιο τρόπο, αδυναμία εύρεσης πιθανής γραμμικής συσχέτισης υπήρχε μεταξύ των αποτελεσμάτων της ερώτησης αυτής και των αποτελεσμάτων του ερωτηματολογίου του αισθήματος της δίψας με τον πραγματικό συντελεστή συσχέτισης (r) να είναι ίσος με $-0,135$ και $p = 0,321$.

5. Συζήτηση

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να εκτιμήσουμε την αποτελεσματικότητα του προγράμματος παρέμβασης στη βελτίωση της κατάστασης υδάτωσης και της αθλητικής απόδοσης νεαρών αθλητών, όταν ασκούνται σε θερμό περιβάλλον. Τα αποτελέσματά μας ήταν αρκετά ενθαρρυντικά αφού 1. υπήρχε βελτίωση στην κατάσταση υδάτωσης στην ομάδα παρέμβασης με τους δείκτες, ειδικό βάρος ούρων και ωσμωτικότητα ούρων πριν την παρέμβαση να είναι $1,031 \pm 0,01$ και $941 \pm 240,54$ αντίστοιχα και μετά την παρέμβαση $1,024 \pm 0,01$ και $786,9 \pm 259,99$ με $p < 0,05$, ενώ το χρώμα των ούρων παρουσίασε βελτίωση από $4,8 \pm 1,15$ σε $3,55 \pm 1,21$ με $p < 0,05$ και 2. υπήρχε βελτίωση της αθλητικής απόδοσης (χρόνο τεστ αντοχής 600 m) από $1,92 \pm 27,02$ min σε $1,66 \pm 26,04$ min με $p < 0,05$. Αντίθετα καμία βελτίωση δε παρουσιάστηκε στην ομάδα ελέγχου.

Όπως μας έδειξε η βιβλιογραφική ανασκόπηση, αφυδάτωση της τάξης μόλις του 2% απώλειας του σωματικού βάρους έχει συσχετιστεί με μειωμένη ικανότητα αποβολής της παραγόμενης θερμότητας (Armstrong *et al.*, 1997), μειωμένη καρδιαγγειακή λειτουργία (Gonzalez-Alonso, 1998, Gonzalez-Alonso *et al.*, 1997, Montain and Coyle, 1992, Montain *et al.*, 1998) και τελικά μειωμένη αθλητική απόδοση (Barr, 1999, Cheuvront *et al.*, 2005, Maughan, 2003, Montain and Coyle, 1992, Murray, 2007, Sawka, 1992, Sawka and Coyle, 1992, 1999, Armstrong *et al.*, 1985). Παρόλο τη μεγάλη σημασία αυτών των παραμέτρων στο χώρο του αθλητισμού, λίγες έρευνες υδάτωσης, τις έχουν αξιολογήσει σε νεαρούς αθλητές.

Κατά την αφυδάτωση, όπου χαρακτηρίζεται από την απώλεια υγρών είτε εξωκυτταρικά είτε ενδοκυτταρικά, και συνοδεύεται από μείωση του όγκου του πλάσματος και αύξηση της ωσμωτικότητας του πλάσματος αντίστοιχα, παρατηρείται έντονη καταπόνηση του καρδιαγγειακού συστήματος και μεταβολές στη λειτουργία του θερμορυθμιστικού μηχανισμού. Αυτά τα δύο

αποτελέσματα της αφυδάτωσης συνδέονται μεταξύ τους κυρίως όταν η άσκηση γίνεται σε πολύ θερμό περιβάλλον (Armstrong *et al.*, 1997). Γενικότερα όταν παρουσιαστεί κατά τη διάρκεια της άσκησης αφυδάτωση, η καρδιαγγειακή λειτουργία θα προσπαθήσει να διατηρηθεί σε φυσιολογικά επίπεδα, όμως όταν η άσκηση γίνεται σε πολύ θερμό περιβάλλον όπου η ανάγκη αποβολής θερμότητας γίνεται μεγαλύτερη, τότε ο θερμορυθμιστικός μηχανισμός (αύξηση του μηχανισμού εφίδρωσης, μέσω της αύξησης στην επιδερμική ροή αίματος) θα δράσει σε βάρος της καρδιαγγειακής λειτουργίας όπου τελικά θα εξασθενίσει. Μείωση του όγκου του αίματος, αύξηση της καρδιακής συχνότητας, μείωση του όγκου παλμού και τελικά μείωση της καρδιακής παροχής είναι τα αποτελέσματα από αυτή τη σχέση, μεταξύ καρδιαγγειακής λειτουργίας και θερμορυθμιστικού μηχανισμού. Τα αποτελέσματα αυτά θα εξασθενίσουν με τη σειρά τους την ικανότητα αποβολής της θερμότητας, μειώνοντας την επιδερμική ροή του αίματος, ενώ η θερμοκρασία πυρήνα αυξάνει. Για κάθε μία ποσοστιαία μονάδα αύξησης της αφυδάτωσης προκαλείται αύξηση της θερμοκρασίας πυρήνα κατά 0,1-0,25°C (Montain and Coyle, 1992, Sawka *et al.*, 1985), ενώ μπορεί να αυξηθεί παραπάνω σε πολύ θερμό περιβάλλον (Coyle and Montain, 1993).

Παρόλο που το θέμα της αφυδάτωσης κατά τη διάρκεια της άσκησης λόγο ανεπαρκούς πρόσληψης υγρών έχει απασχολήσει και συνεχίζει να απασχολεί το ερευνητικό ενδιαφέρον στο πεδίο του αθλητισμού, τα δεδομένα για τους νεαρούς αθλητές είναι ελάχιστα. Στην έρευνά μας, οι νεαροί αθλητές πριν την έναρξη της παρέμβασης αποδείχτηκε πως ήταν αφυδατωμένοι (ειδικό βάρος ούρων = $1,031 \pm 0,01$, ωσμωτικότητα ούρων = 941 ± 30 , χρώμα ούρων = $4,8 \pm 1,15$). Γενικότερα είναι αποδεδειγμένο ότι οι νεαροί αθλητές έχουν μεγαλύτερο κίνδυνο να αφυδατωθούν λόγω του αυξημένου λόγου επιφάνειας προς όγκο (D'Anci *et al.*, 2006), από τους σημαντικότερους παράγοντες που σχετίζονται με την αποβολή της θερμότητας και την αποτελεσματικότητα της εξάτμισης του ιδρώτα (Falk and Dotan, 2008). Συγκεκριμένα, η ανασκόπηση του Falk και του Dotan αρκετά πρόσφατα περιγράφει ότι τα παιδιά κατέχουν διαφορετική στρατηγική σε ότι αφορά τους θερμορυθμιστικούς μηχανισμούς. Αποδεικνύεται ότι δεν παρουσιάζουν μεγαλύτερο ρυθμό εμφάνισης θερμοπληξίας από τους ενήλικες, παρόλο τις διαφορές που παρουσιάζονται στους ειδικούς μηχανισμούς θερμορύθμισης. Για παράδειγμα, τα παιδιά είναι λιγότερο οικονομικά, παράγοντας μεγαλύτερα ποσά θερμότητας ανά μονάδα σωματικού βάρους, έχουν μικρότερο ρυθμό εφίδρωσης σε όλες τις περιβαλλοντικές συνθήκες, ενώ βασίζονται περισσότερο σε στεγνή απώλεια θερμότητας από τη σχετική μεγάλη επιφάνεια δέρματος, παρά στην απώλεια μέσω της εξάτμισης (Falk and Dotan, 2008). Συμπερασματικά, τα παιδιά λόγω των διαφορών αυτών φαίνεται να έχουν λιγότερο αποδοτική θερμορύθμιση σε σχέση με τους ενήλικες κατά την παρουσία αφυδάτωσης (Bar-or, 1995, Squire, 1990) αλλά πιθανόν κάτι τέτοιο να συμβαίνει σε πολύ ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες και όχι σε φυσιολογικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος (Falk και Dotan, 2008).

Το γεγονός ότι οι νεαροί αθλητές έχουν μεγαλύτερο κίνδυνο να αφυδατωθούν κατά τη διάρκεια της άσκησης σε θερμό περιβάλλον από τους ενήλικες οδηγεί στο ερώτημα αν σε αυτό συμβάλει η αντίδραση της εθελοντικής αφυδάτωσης. Στην έρευνά μας οι νεαροί αθλητές παρόλο που βελτίωσαν τους δείκτες υδάτωσης μετά την παρέμβαση, όπου η πρόσβαση σε νερό ήταν ελεύθερη, η κατάσταση υδάτωσης τους υποδήλωνε ακόμη ελαφρά αφυδάτωση (ειδικό βάρος ούρων $> 1,020$, ωσμωτικότητα ούρων $> 700 \text{ mosmol/kg}$, χρώμα ούρων > 2). Κάποιες έρευνες έχοντας ασχοληθεί με την παρουσία εθελοντικής αφυδάτωσης σε νεαρούς αθλητές και με τον τρόπο με τον οποίο θα μπορούσε να αποτραπεί, καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι όταν καταναλώνεται νερό στο οποίο έχει προστεθεί γεύση, η πρόσληψη υγρών είναι μεγαλύτερη και ικανή μερικές φορές να αποτρέψει την εθελοντική αφυδάτωση. Όμως όταν σε αυτό προστίθεται ποσότητα υδατανθράκων και ηλεκτρολυτών η πρόσληψη υγρών γίνεται ακόμη μεγαλύτερη από τους νεαρούς αθλητές (Bar-Or and Wilk, 1996, Rivera-Brown *et al.*, 1999, Rivera-Brown *et al.*, 2008, Wilk *et al.*, 2007). Συγκεκριμένα η Rivera-Brown και οι συνεργάτες της το 1999 έδειξαν ότι η πρόσληψη υγρών με την προσθήκη γεύσης, υδατανθράκων και ηλεκτρολυτών αποτρέπει από την ήπια εθελοντική αφυδάτωση (~1% με την πρόσληψη μόνο νερού) σε θερμοεγκλιματισμένα αγόρια, παρά τις μεγάλες απώλειες ιδρώτα (Rivera-Brown *et al.*, 1999). Αντίθετα, οι ίδιοι ερευνητές αρκετά πρόσφατα παρατήρησαν ότι το ίδιο δε συμβαίνει στα θερμοεγκλιματισμένα κορίτσια όταν ασκούνται σε πολύ θερμό και υγρό περιβάλλον (Rivera-Brown *et al.*, 2008). Γενικά, η ανασκόπηση του Bar-Or με τον Wilk το 1996 περιγράφει ότι η πρόσληψη υγρών είναι 44,5% μεγαλύτερη όταν προστίθεται στο νερό γεύση και 91% μεγαλύτερη όταν προστίθεται στο νερό με γεύση και ποσό υδατανθράκων και ηλεκτρολυτών από την πρόσληψη μόνο νερού (Bar-Or and Wilk, 1996). Η μικρή πρόσληψη μόνο νερού θα οδηγήσει σε σταδιακή αφυδάτωση, ενώ η θερμοκρασία πυρήνα αυξάνει γρηγορότερα από ότι στους ενήλικες. Στην παρούσα έρευνα παρέμβασης παρόλο που υπήρχε ελεύθερη διαθεσιμότητα σε νερό, υπήρχαν άτομα τα οποία αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης είχαν απώλειες σωματικού βάρους μέχρι και 1 κιλό (τα δεδομένα δε παρουσιάζονται) όταν συγκρίθηκε το βάρος τους με τη ζύγιση πριν την έναρξη της προπόνησης.

Αν αναλογιστούμε όλα τα παραπάνω που αφορούν τους νεαρούς αθλητές, όπως μεγαλύτερος κίνδυνος εμφάνισης αφυδάτωσης συγκριτικά με τους ενήλικες, θερμορυθμιστικός μηχανισμός, εθελοντική αφυδάτωση, ακόμη και η ήπια αφυδάτωση με όλα τα αποτελέσματα που την ακολουθούν, τελικά θα οδηγήσει σε μείωση της αθλητικής απόδοσης (Rowland *et al.*, 2007, Dougherty *et al.*, 2006, Baker *et al.*, 2007). Ο Baker και οι συνεργάτες του έδειξε ότι καθώς αυξάνει η αφυδάτωση από 1% στο 4% απώλειες σωματικού βάρους μειώνεται όλο και περισσότερο η αθλητική απόδοση νεαρών αγοριών του μπάσκετ. Όρισε μάλιστα ότι το κατώφλι στο οποίο η αφυδάτωση επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τη απόδοση είναι το 2% (Baker *et al.*, 2007). Για το ίδιο άθλημα ο Dougherty με τους συνεργάτες του αναφέρει ότι αφυδάτωση της τάξης του 2% απώλειες σωματικού βάρους

επιφέρουν μείωση της τεχνικής ικανότητας σε αγόρια μεταξύ 12 και 15 χρόνων (Dougherty *et al.*, 2006).

Η αναπλήρωση των υγρών που χάνονται κατά τη διάρκεια της άσκησης σε θερμό περιβάλλον είναι πρωταρχικής σημασίας και στους νεαρούς αθλητές όπως και στους ενήλικες έτσι ώστε να αποτραπούν τα αρνητικά αποτελέσματα της αφυδάτωσης. Η απαραίτητη βαρύτητα στην κατάλληλη υδάτωση των νεαρών αθλητών πρέπει να δίνεται όχι μόνο για τη βελτίωση της απόδοσής τους αλλά και για την προώθηση της ανάπτυξής τους και γενικά για την προώθηση της υγείας τους (Cotunga *et al.*, 2005). Στη βιβλιογραφία έρευνες που έχουν ασχοληθεί αποκλειστικά με την κατάσταση υδάτωσης των νεαρών αθλητών δεν είναι πολλές. Το 2006 η ομάδα της Stover θέλησε να δείξει κατά πόσο οι έφηβοι ποδοσφαιριστές Αμερικανικού ποδοσφαίρου βρίσκονται σε κίνδυνο να παρουσιάσουν απώλειες υγρών όταν πραγματοποιούν δύο προπονήσεις την ημέρα και αν ένα πρόγραμμα πρόσληψης υγρών θα μπορούσε να βελτιώσει τους δείκτες υδάτωσης. Τα αποτελέσματά του έδειξαν ότι πριν το πρόγραμμα πρόσληψης υγρών το ειδικό βάρος ούρων ήταν κατά μέσο όρο αυξημένο $1,022 \pm 0,003$ - $1,024 \pm 0,005$ ενώ το σωματικό βάρος ελαφρώς μειωμένο καθ'όλη τη διάρκεια των πέντε ημερών των μετρήσεων (μέση μείωση 0,5 kg). Αντίθετα μετά το πρόγραμμα πρόσληψης η μέση τιμή του ειδικού βάρους ούρων μειώθηκε στο 1,016 από 1,021 και το σωματικό βάρος αυξήθηκε κατά μέσο όρο 0,5 kg (Stover *et al.*, 2006). Σε παρόμοια αποτελέσματα καταλήγει και η δική μας έρευνα σε ότι αφορά τις τιμές του ειδικού βάρους των ούρων (βελτίωση από $1,031 \pm 0,01$ σε $1,023 \pm 0,01$), αλλά γενικά στους δείκτες υδάτωσης (ωσμωτικότητα, χρώμα ούρων). Η πρωτοπορία της δικής μας έρευνας βρίσκεται στο ότι εκτός από την εξέταση της κατάσταση υδάτωσης των νεαρών αθλητών εξετάσαμε και την επίδραση που μπορεί να έχει το πρόγραμμα παρέμβασης πρόσληψης υγρών στην αθλητική απόδοση. Αποδείξαμε ότι η αναπλήρωση υγρών κατά τη διάρκεια της άσκησης σε υψηλές θερμοκρασίες είναι ικανή να αυξήσει την αθλητική απόδοση (βελτίωση του χρόνου αντοχής των 600 m). Βέβαια στην παρούσα έρευνα δε μετρήθηκαν παράμετροι που θα μπορούσαν να αξιολογήσουν με ποιο τρόπο επιτυγχάνεται κάτι τέτοιο, αλλά αποδεικνύει και αυτή την αναγκαιότητα της αναπλήρωσης των υγρών που χάνονται κατά τη διάρκεια της άσκησης. Παρόλο που δείξαμε βελτίωση στην ικανότητα αντοχής των 600 m, ωστόσο δεν παρατηρήσαμε καμία βελτίωση στην τεχνική ικανότητα των αθλητών μας (στατική αναπήδηση, σερβίς - βολές), κάτι το οποίο όπως φαίνεται από την έρευνα του Dougherty και των συνεργατών του, θα μπορούσε να είναι εφικτό, από τη στιγμή που η παρέμβαση πρόσληψης υγρών βελτίωσε τους δείκτες υδάτωσης. Ίσως η ανικανότητα να δείξουμε αυτή τη βελτίωση έχει να κάνει με το γεγονός ότι μετά το τέλος της παρέμβασης οι αθλητές μας εξακολουθούσαν να είναι ελαφρώς αφυδατωμένοι όπως αποδεικνύουν οι τιμές των δεικτών υδάτωσης.

Ειδικές συστάσεις για τους νεαρούς αθλητές που ασκούνται δεν υπάρχουν, ωστόσο η μέθοδος αξιολόγησης που μπορεί να εφαρμοστεί και στους νέους όπως γίνεται και στους ενήλικες για να ορίσει κανείς τις ανάγκες του σε υγρά κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι εκείνη της μέτρησης του βάρους πριν και μετά την άσκηση. Οποιαδήποτε απώλεια στο σωματικό του βάρος μετά θα αντιπροσωπεύει στο μεγαλύτερο ποσοστό τις απώλειες μέσω του ιδρώτα.

Συμπερασματικά, λαμβάνοντας υπόψη μας τα αρνητικά αποτελέσματα της αφυδάτωσης κατά τη διάρκεια της άσκησης κυρίως σε θερμό περιβάλλον, τόσο στην καρδιαγγειακή λειτουργία, όσο και στη θερμορύθμιση, παράγοντες που θα καθορίσουν την πορεία της αθλητικής απόδοσης, συνειδητοποιούμε πόσο επιτακτική γίνεται η ανάγκη για την αντιμετώπισή της. Οι νεαροί αθλητές ίσως να βρίσκονται σε μεγαλύτερο κίνδυνο και η μελέτη προγραμμάτων παρέμβασης σε αυτή την ομάδα αθλητών είναι περιορισμένη. Όπως φαίνεται από το δικό μας πρόγραμμα παρέμβασης υδάτωσης σε νεαρούς αθλητές, η πρόσληψη υγρών κατά τη διάρκεια της άσκησης και όχι μόνο είναι ικανή να βελτιώσει την κατάσταση υδάτωσης αυτών των αθλητών και να αυξήσει την αθλητική τους απόδοση στην ικανότητα αντοχής.

Α. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ερωτηματολόγιο συνηθειών υδάτωσης (ΗΗQ)

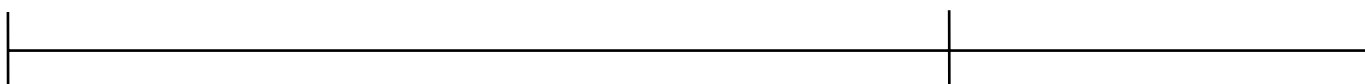
1	Πίνεις υγρά όταν αθλείσαι;
2	Θεωρείς ότι είναι σημαντικό να πίνεις υγρά όταν αθλείσαι;
3	Τι είδους υγρά πίνεις, εάν πίνεις κατά τη διάρκεια της άσκησης; α. νερό β. αθλητικά ποτά γ. αναψυκτικά δ. χυμό στ. άλλα
4	Που βρίσκεις τα υγρά που πίνεις; α. ψύκτη β. μπουκάλι νερό από το σπίτι γ. μπουκάλι νερό από την ομάδα ή τον προπονητή δ. από αλλού
5	Σε μια φυσιολογική προπόνηση πόσο συχνά πίνεις; α. κάθε 10 λεπτά β. κάθε 20 λεπτά γ. κάθε 30 λεπτά δ. κάθε ώρα στ. δε πίνω ε. άλλο
6	Θα ήθελες να πίνεις περισσότερα υγρά κατά την άσκηση;
7	Μειώνεις την πρόσληψη υγρών, όταν δεν υπάρχει σε κοντινό σημείο τουαλέτα;

Ερωτηματολόγιο αξιολόγησης του αισθήματος της δίψας

Δοκιμαζόμενος # : _____ Χρόνος: _pre ☐ post ☐

Ομάδα: C ☐ I ☐

Πόσο διψασμένος/-η αισθάνεσαι τώρα;



καθόλου

**Υπερβολικά
διψασμένος**

(Rolls BJ, Wood RJ, Rolls ET, Lind H, Lind W and Ledingham JGG. Thirst following water deprivation in humans. Am J Physiol 239: R476-R482, 1980).

Ερωτηματολόγιο εμφάνισης ή όχι συμπτωμάτων μετά την άσκηση

How Do You Feel Questionnaire

Βάλε X στο κουτί για να εξηγήσεις πως αισθάνεσαι σήμερα

Απάντησε σε κάθε ερώτηση

Αν δεν έχεις κάποιο σύμπτωμα πες καθόλου

Συμπτώματα	καθόλου	λίγο	Σε κάποιο βαθμό	μέτρια	πολύ	Πάρα πολύ
Ένιωσα ζαλισμένος						
Είχα πονοκέφαλο						
Ένιωσα δίψα						
Ένιωσα αδυναμία						
Ένιωσα νευρικότητα						
Δυσκολεύτηκα να αναπνεύσω						
Είχα πολύ καλή επίδοση						
Έπαθα κράμπα						
Ένιωσα πόνο στο στομάχι						
Ένιωσα ζεστός						
Είχα πρόβλημα συγκέντρωσης						
Ένιωσα παγωμένος						

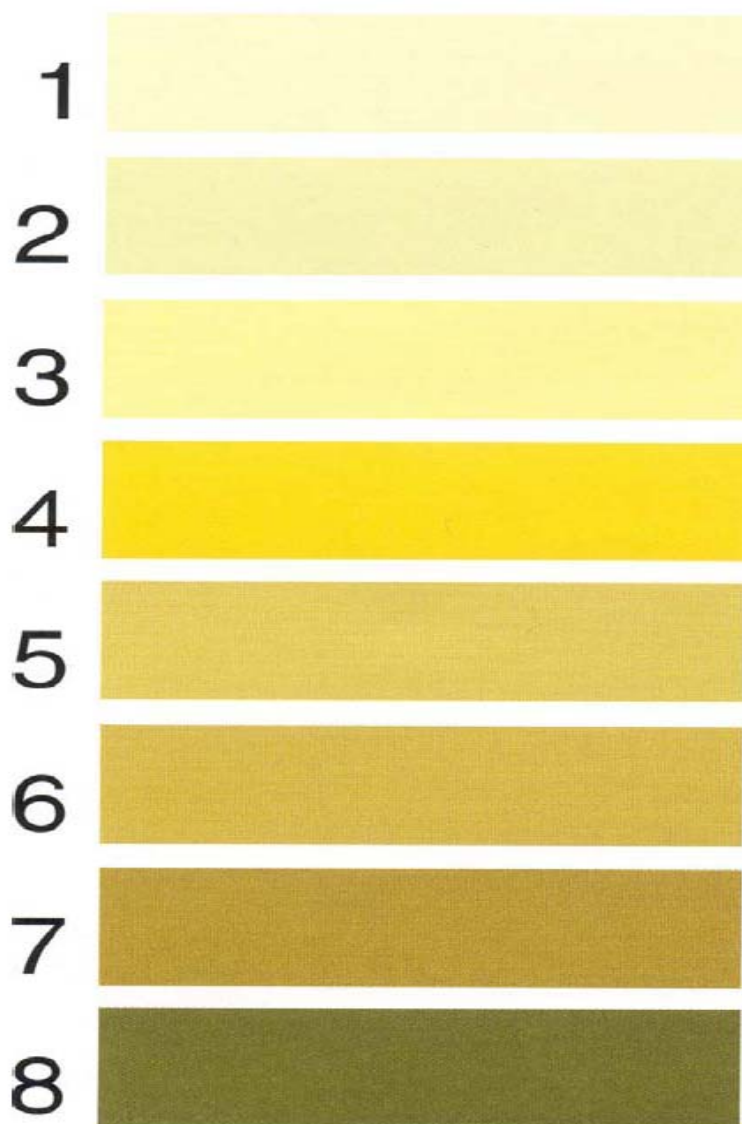
(Sampson and Kobrick, 1979, 1980)

Ερωτηματολόγιο αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας του προπονητικού camp
(Exit Q)

1	Πιστεύεις ότι έκανες καλή δουλειά σχετικά με την υδάτωσή σου κατά τη διάρκεια του camp; 1 = πολύ άσχημη, 5 = μέτρια, 10 = πολύ καλή
2	Σε βοήθησε το camp στην πρόσληψη υγρών; 1 = πολύ άσχημη, 5 = μέτρια, 10 = πολύ καλή
3	Είχες χρόνο στο camp να πεις νερό; 1 = πολύ άσχημη, 5 = μέτρια, 10 = πολύ καλή
4	Ήταν εύκολο να βρεις νερό στο camp; 1 = πολύ άσχημη, 5 = μέτρια, 10 = πολύ καλή
5	Υπήρχε κάτι που σε εμπόδιζε να πίνεις νερό κατά τη διάρκεια του camp; 1 = πολύ άσχημη, 5 = μέτρια, 10 = πολύ καλή

Β. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Κλίμακα αξιολόγησης του χρώματος των ούρων
(Armstrong et al, 1994, 1998)



BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anderson MJ, Cotter JD, Garnham AP, Casley DJ, Febbraio MA. Effect of glycerol-induced hyperhydration on thermoregulation and metabolism during exercise in heat. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 11:315-333, 2001.
- Andreoli TE, Reeves WB, Bichet DG. Endocrine control of water balance. In: Fray JCS, Goodman HM, eds. *Handbook of Physiology, Section 7, Volume III: Endocrine Regulation of Water and Electrolyte Balance.* New York: Oxford University Press. Pp. 530-569, 2000.
- Armstrong LE, Costill DL, Fink WJ. Influence of diuretic-induced dehydration on competitive running performance. *Med Sci Sports Exerc.* 17:456-461, 1985.
- Armstrong LE, Epstein Y, Greenleaf JE, et al. American College of Sports Medicine Position Stand: heat and cold illness during distance running. *Med Sci Sports Exerc.* 28:i-x, 1996.
- Armstrong LE, Herrera JA, Hacker FT, Casa DJ, Kavouras SA, Maresh CM. Urinary Indices During Dehydration, Exercise, and Rehydration. *Int J Sport Nutr.* 8:245-355, 1998.
- Armstrong LE, Hubbard RW, Kraemer WJ, Deluka JP, Christensen EL. Signs and symptoms of heat exhaustion during strenuous exercise. *Am Sports Med.* 3:182-189, 1987.
- Armstrong LE, Hubbard RW, Jones BH, Daniels JT. Preparing Alberto Salazar for the heat of the 1984 Olympic marathon. *Phys Sports Med* 14:73-81, 1986.
- Armstrong LE, Maresh CM, Castellani JW, et al. Urinary indices of hydration status. *Int J Sport Nutr.* 4:265-279, 1994.
- Armstrong LE, Maresh CM, Gabaree CV, Hoffman JR, Kavouras SA et al. Thermal and circulatory responses during exercise: effects of hypohydration, dehydration and water intake. *J Appl Physiol.* 82:2028-2035, 1997.
- Armstrong LE, Maresh CM. Fluid replacement during exercise and recovery from exercise. In: Burskirk ER, Puhl SM, eds. *Body Fluid Balance: Exercise and Sport.* New York, NY: CRC Press: 259-281, 1996.
- Armstrong LE, Maresh CM. The exertional heat illness: a risk of athletic participation. *Med Exerc Nutr Health.* 2:125-134, 1993.
- Armstrong LE. Assessing hydration status: the elusive gold standard. *J Am Coll Nutr.* 5:575S-584S, 2007.
- Baker LB, Dougherty KA, Chow M, Kenney WL. Progressive dehydration causes a progressive decline in basketball skill performance. *Med Sci Sports Exerc.* 39:1114-1123, 2007.
- Bar-Or O, Wilk B. Water and electrolyte replenishment in the exercising child. *Int J Sport Nutr.* 6:93-99, 1996.
- Bar-Or O. Nutritional considerations for the child athlete. *Can J Appl Physiol.* 26:S186-S191, 2001.

- Barr SL. Effects of dehydration on exercise performance. *Can J Appl Physiol.* 24:164-72, 1999.
- Cadarette BS, Sawka MN, Toner MM, Pandolf KB. Aerobic fitness and the hypohydration response to exercise heat-stress. *Aviat Space Environ Med.* 55:507-512, 1984.
- Casa DJ, Armstrong LE, Hillman SK, Montain SJ, Reiff RV, Rich BSE, Roberts WO, Stone JA. National Athletic Trainer's Association position statement: Fluid replacement for athletes. *J Athl Train* 35:212-224, 2000.
- Casa DJ, Maresh LE, Armstrong S, et al. Intravenous versus oral rehydration during a brief period: responses to subsequent exercise in the heat. *Med Sci Sports Exerc.* 32:124-133, 2000.
- Casa DJ. Exercise in the heat I. Fundamentals of thermal physiology, performance implications and dehydration. *J Athl Train.* 34:246-252, 1999.
- Casa DJ. Exercise in the Heat. II. Critical Concepts in Rehydration, Exertional Heat Illness, and Maximizing Athletic Performance. *J Athl Train.* 34:253-262, 1999.
- Cheuvront SN, Carter R 3rd, Haymes EM, Sawka MN. No effect of moderate hypohydration or hyperthermia on anaerobic exercise performance. *Med Sci Sports Exerc.* 38:1093-1097, 2006.
- Cheuvront SN, Carter R III, Sawka MN. Fluid balance and endurance exercise performance. *Curr Sports Med Rep.* 2:202-208, 2003.
- Cheuvront SN, Carter R. III, Montain SJ, Sawka MN. Daily body mass variability and stability in active men undergoing exercise-heat stress. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 14:532-540, 2004.
- Cheuvront SN, Haymes EM. Thermoregulation and marathon running: Biological and environmental influences. *Sports Med* 31:743-762, 1998.
- Cheuvront SN, R Carter III, Castellani JW and Sawka MN. Hypohydration impairs endurance exercise performance in temperate but not cold air. *Appl Physiol* 99:1972-1976, 2005.
- Convertino VA. Blood volume: Its adaptation to endurance training. *Med Sci Sports Exerc.* 23:1338-1348, 1991.
- Costill DL, Cote R, Fink W. Muscle water and electrolytes following varied levels of dehydration in man. *J Appl Physiol.* 40:6-11, 1976.
- Costrini A. Emergency treatment of exertional heatstroke and comparison of whole body cooling techniques. *Med Sci Sports Exerc.* 22:15-18, 1990.
- Cotunga N, Vickery CE, McBee S. Sports nutrition for young athletes. *J Sch Nurs.* 21:323-328, 2005.
- Coutts A, Reaburn P, Mummery K, Holmes M. The effect of glycerol hyperhydration on olympic distance triathlon performance in high ambient temperatures. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 12:105-119, 2002.
- Coyle EF and Montain SJ. Thermal and cardiovascular responses to fluid replacement during exercise. In: Gisolfi CV, Lamb DR, Nadel ER. (Eds.), *Perspectives in Exercise Science and*

- Sports Medicine: Exercise, Heat, and Thermoregulation*, 6. Brown & Benchmark, Debuque, Iowa, pp. 179-223, 1993.
- D'Anci KE, Constant F, Rosenberg IH. Hydration and cognitive function in children. *Nutr Rev*. 64:457-464, 2006.
- Dill DB and Costill DL. Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma and red cells in dehydration. *J Appl Physiol*. 37:247-248, 1974.
- Dontas AS, Marketos S, Papanayoiotou P. Mechanisms of renal tubular defects in old age. *Postgrad Med J*. 48:295-303, 1972.
- Dougherty KA, Baker LB, Chow M, Kenney WL. Two percent dehydration impairs and six percent carbohydrate drink improves boys basketball skills. *Med Sci Sports Exerc*. 38:1650-1658, 2006.
- Engell DB, Maller O, Sawka MN, Francesconi RN, Drolet L, and Young AJ. Thirst and fluid intake following graded hypohydration levels in humans. *Physiol Behav* 40:229–236, 1987.
- Fitzsimons JA. The physiological basis of thirst. *Kidney International* 10:3-II, 1976.
- Fomon SJ. Body composition of the male reference infant during the first year of life. *Pediatrics* 40:863-870, 1967.
- Fortney SM, Nadel ER, Wenger CB, Bove JR. Effect of blood volume on sweating rate and body fluids in exercising humans. *J Appl Physiol*. 51:1594-1600, 1981b.
- Fortney SM, Wenger CB, Bove JR, Nadel ER. Effect of hyperosmolality on control of blood flow and sweating. *J Appl Physiol*. 57:1688-1695, 1984.
- Freund BJ, Montain SJ, Young AJ, Sawka MN, DeLuca JP, Pandolf KB, Valeri CR. Glycerol hyperhydration: Hormonal, renal and vascular fluid responses. *J Appl Physiol*. 79:2069-2077, 1995.
- Freund BJ, Young AJ. Environmental influences on body fluid balance during exercise: Cold exposure. In: Buskirk ER, Puhl, eds. *Body Fluid Balance: Exercise and Sport*. Boca Raton, FL: CRC Press. Pp. 159-181, 1996.
- Gonzalez-Alonso J, Heaps CL, Coyle EF. Rehydration after exercise with common beverages and water. *Int J Sports Med*. 13:399-406, 1992.
- González-Alonso J, Mora-Rodríguez R, Below PR, Coyle EF. Dehydration markedly impairs cardiovascular function in hyperthermic endurance athletes during exercise. *J Appl Physiol*. 82:1229-1236, 1997.
- González-Alonso J, Mora-Rodríguez R, Below PR, Coyle EF. Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise. *J Appl Physiol*. 79:1487-1496, 1995.
- González-Alonso J. Separate and combined influences of dehydration and hyperthermia on cardiovascular responses to exercise. *Int J Sports Med*. 19:S111-S114, 1998.

- González-Alonso JR, Calbet JA and Nielsen B. Metabolic and thermodynamic responses to dehydration-induced reductions in muscle blood flow in exercising humans. *J Physiol.* 520:577-589, 1999.
- Gonzalez-Alonso JR, Calbet JA and Nielsen B. Muscle blood flow is reduced with dehydration during prolonged exercise in humans. *J Physiol.* 513:895-905, 1998.
- González-Alonso JR, Calbet JA. Reductions in systemic and skeletal muscle blood flow and oxygen delivery limit maximal aerobic capacity in humans. *Circulation.* 107:824-830, 2003.
- Goulet ED, Robergs RA, Labrecque S, Royer D, Dionne IJ. Effect of glycerol-induced hyperhydration on thermoregulatory and cardiovascular functions and endurance performance during prolonged cycling in a 25 degrees C environment. *Appl Physiol Nutr Metab.* 31:101-109, 2006.
- Greenleaf JE and Sargent F II. Voluntary dehydration in man. *J Appl Physiol* 20: 719–724, 1965.
- Greenleaf JE. Problem: thirst, drinking behavior, and involuntary dehydration. *Med Sci Sports Exerc* 24:645–656, 1992.
- Hamilton MT, Gonzalez-Alonso L, Montai SJ, Coyle EF. Fluid replacement and glucose infusion during exercise prevent cardiovascular drift. *J Appl Physiol.* 71:871-877, 1991.
- Hargreaves M, Dillo P, Angus D, Febbraio M. Effect of fluid ingestion on muscle metabolism during prolonged exercise. *J Appl Physiol.* 80:363-366, 1996.
- Harrison MH, Edwards RJ, Fennessy PA. Intravascular volume and tonicity as factors in the regulation of body temperature. *J Appl Physiol.* 44:69-75, 1978.
- Haussinger D, Lang F, Gerok W. Regulation of cell function by the cellular hydration state. *Am J Physiol.* 267:E343-E355, 1994.
- Hitchins S, Martin DT, Burke L, Yates K, Fallon K, Hahn A, Dobson GP. Glycerol hyperhydration improves cycle time trial performance in hot humid conditions. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 80:494-501, 1999.
- Horswill CA. Applied physiology of amateur wrestling. *Sports Med.* 14:114-143, 1992.
- Hoyt RW, Honig A. Environmental influences on body fluid balance during exercise: Altitude. In: Buskirk ER, Puhl, eds. *Body Fluid Balance: Exercise and Sport*. Boca Raton, FL: CRC Press. Pp. 183-196, 1996.
- Hubbard RW, Sandick BL, Matthew WT, Francesconi RP, Sampson JB, Durkot MJ, Maller O, and Engell DB. Voluntary dehydration and alliesthesia for water. *J Appl Physiol* 57: 868–873, 1984.
- INSTITUTE OF MEDICINE. *Water. In: Dietary Reference Intakes for Water, Sodium, Chloride, Potassium and Sulfate*. Washington, D.C: National Academy Press, Pp. 73–185, 2004.

- Judelson DA, Maresh CM, Farrell MJ, Yamamoto LM, Armstrong LE, Kraemer WJ, Volek JS, Spiering BA, Casa DJ, Anderson JM. Effect of hydration state on strength, power, and resistance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc.* 39:1817-1824, 2007.
- Kavouras SA, Armstrong LE, Maresh CM, Casa DJ, Herrera-Soto JA, Scheett TP, Stoppani J, Mack GW, Kraemer WJ. Rehydration with glycerol: endocrine, cardiovascular, and thermoregulatory responses during exercise in the heat. *J Appl Physiol.* 100:442-450, 2006.
- Kavouras SA. Assessing hydration status. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 5:519-524, 2002.
- Kenney WL, Tankersley CG, Newswanger DL, Hyde DE, Puhl SM, Turnera NL. Age and hypohydration independently influence the peripheral vascular response to heat stress. *J Appl Physiol.* 8:1902-1908, 1990.
- Kovacs EM, Schmahl JM, Senden, and F. Brouns. Effect of high and low rates of fluid intake on post-exercise rehydration. *Int. J. Sports Nutr. Exerc. Metab.* 12:14-23, 2002.
- Latzka WA, Sawka MN, Montain SJ, Skrinar GS, Fielding RA, Matott RP, Pandolf KB. Hyperhydration: Thermoregulatory effects during compensable exercise-heat stress. *J Appl Physiol.* 83:860-866, 1997.
- Latzka WA, Sawka MN, Montain SJ, Skrinar GS, Fielding RA, Matott RP and Pandolf KB. Hyperhydration: tolerance and cardiovascular effects during uncompensable exerciseheat stress. *J. Appl. Physiol.* 84:1858–1864, 1998.
- Lee DHK, Murray RE, Atherton RG. The effect of exercise in hot atmospheres upon the salt-water balance of human subjects. *Med J Aust.* 2:249-258, 1941.
- Lyons TP, Riedesel ML, Meuli LE, Chick TW. Effects of glycerol-induced hyperhydration prior to exercise in the heat on sweating and core temperature. *Med Sci Sports Exerc.* 22:477-483, 1990.
- Magal M, Webster MJ, Sistrunk LE, Whitehead MT, Evans RK, Boyd JC. Comparison of glycerol and water hydration regimens on tennis-related performance. *Med Sci Sports Exerc.* 35:150-156, 2003.
- Maresh M, Gabaree-Boulant CL, Armstrong LE, Judelson DA, Hoffman RG, Castellani JW, Kenefick RW, Bergeron MF, and Casa DJ. Effect of hydration status on thirst, drinking, and related hormonal responses during low-intensity exercise in the heat. *J Appl Physiol.* 97:39-44, 2004.
- Maughan RJ, Leiper JB, Shirreffs SM. Factors influencing the restoration of fluid and electrolyte balance after exercise in the heat. *Br J Sports Med.* 31:175-182, 1997.
- Maughan RJ, Leiper JB, Shirreffs SM. Rehydration and recovery after exercise. *Sports Sci Exerc.* 9:3, 1996.
- Maughan RJ, Leiper JB, Shirreffs SM. Restoration of fluid balance after exercise-induced dehydration: Effects of food and fluid intake. *Eur J Appl Physiol* 58:317-325, 1996.

- Maughan RJ, Shirreffs SM. Recovery from prolonged exercise: restoration of water and electrolyte balance. *J Sports Sci.* 15:297-303, 1997.
- Maughan RJ, Watson P, Shirreffs SM. Heat and cold: what does the environment do to the marathon runner? *Sports Med.* 37:396-399, 2007.
- Maughan RJ. Impact of mild dehydration on wellness and on exercise performance. *Eur J Clin Nutr.* 57:S19-23, 2003.
- McConnell GK, Stephens TJ, Canny BJ. Fluid ingestion does not influence intense 1-h exercise performance in a mild environment. *Med Sci Sports Exerc* 31:386-392, 1999.
- McKinley MJ and Johnson AK. The Physiological Regulation of Thirst and Fluid Intake. *News Physiol Sci* 19:1-6, 2004.
- Meehan RT. Renin, aldosterone, and vasopressin responses to hypoxia during 6 hours of mild exercise. *Aviat Space Environ Med.* 57:960-965, 1986.
- Melin B, Eclache JP, Geelen G, Annat G, Allevard AM, Jarsaillon E, Zebidi A, Legros JJ, Gharib C. Plasma AVP, neurophysin, renin activity, and aldosterone during submaximal exercise performed until exhaustion in trained and untrained men. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 44:141-51, 1980.
- Mitchell JB, Voss KW. The influence of volume on gastric emptying and fluid balance during prolonged exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 23:314-319, 1991.
- Mitchell JW, Nadel ER, Stolwijk JAJ. Respiratory weight losses during exercise. *J Appl Physiol.* 32:474-476, 1972.
- Mittleman KD. Influence of angiotensin II blockade during exercise in the heat. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 72:542-547, 1996.
- Montain SJ, Cheuvront SN, Sawka MN. Exercise associated hyponatremia: quantitative analysis for understand the aetiology. *Br. J. Sports Med.* 40:98-106, 2006.
- Montain SJ, Coyle EF. Fluid ingestion during exercise increases skin blood flow independent of increases in blood volume. *J Appl Physiol.* 73:903-910, 1992.
- Montain SJ, Coyle EF. Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J Appl. Physiol.* 73:1340-1350, 1992.
- Montain SJ, Sawka MN, Latzka WA, Valeri CR. Thermal and cardiovascular strain from hypohydration: influence of exercise intensity. *Int J Sports Med.* 19:87-91, 1998.
- Murray B. Hydration and physical performance. *J Am Coll Nutr.* 26:542S-548S, 2007.
- Murray R. Fluid needs in hot and cold environments. *Int J Sports Nutr.* 5:S62-S72, 1995.
- Murray R. Nutrition for the marathon and other endurance sports: environmental stress and dehydration. *Med Sci Sports Exerc.* 24:S319-S323, 1992.
- Nadel ER. Circulatory and thermal regulations during exercise. *Fed Proc.* 39:1491-1497, 1980a.

- Nakashima T, Hori T, Kiyohara T, Shibata M. Effects of local osmolality changes on medial preoptic thermosensitive neurons in hypothalamic slices. *In Vitro Thermal Physiol.* 9:133-137, 1984.
- Neufer PD, Sawka MN, Young A, Quigley M, Latzka WA, Levine L. Hypohydration does not impair skeletal muscle glycogen resynthesis after exercise. *J Appl Physiol.* 70:1490-1494, 1991.
- Noakes TD, Wilson G, Gray DA, Lambert MI, Dennis SC. Peak rates of diuresis in healthy humans during oral fluid overload. *S Afr Med J* 91:852-857, 2001.
- Novak LP. Changes in total body water during adolescent growth. *Hum Biol* 61:407-414, 1989.
- O' Brien C, Young AJ, Sawka MN. Bioelectrical impedance to estimate changes in hydration status. *Int J Sports Med.* 23:361-366, 2002.
- Piccoli A, Rossi B, Pillon L, Bucciante G, *et al.* A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: the RXc graph. *Kidney Int* 46:534-539, 1994.
- Popowski LA, Oppliger RA, Patrick Lampert G, *et al.* Blood and urinary measures of hydration status during progressive acute dehydration. *Med Sci Sports Exerc.* 33:747-753, 2001.
- Riedesel ML, Montner P, Stark DM, Riedesel ML, Murata G, Robergs R, Timms M, Chick TW. Pre-exercise glycerol hydration improves cycling endurance time. *Int J Sports Med.* 17:27-33, 1996.
- Rivera-Brown AM, Gutiérrez R, Gutiérrez JC, Frontera WR, Bar-Or O. Drink composition, voluntary drinking, and fluid balance in exercising, trained, heat-acclimatized boys. *J Appl Physiol.* 86:78-84, 1999.
- Rivera-Brown AM, Ramírez-Marrero FA, Wilk B, Bar-Or O. Voluntary drinking and hydration in trained, heat-acclimatized girls exercising in a hot and humid climate. *Eur J Appl Physiol.* 103:109-116, 2008.
- Robinson TA, Hawley JA, Palmer GS, Wilson GR, Gray DA, Noakes TD, Dennis SC. Water ingestion does not improve 1-h cycling performance in moderate ambient temperatures. *Eur J Appl Physiol* 71:153-160, 1995.
- Rolls BJ, Wood RJ, Rolls ET, Lind H, Lind W and Ledingham JGG. Thirst following water deprivation in humans. *Am J Physiol* 239: R476-R482, 1980.
- Rowland T, Garrison A, Poher D. Determinants of endurance exercise capacity in the heat in prepubertal boys. *Int J Sports Med.* 28:26-32, 2007.
- Saltin B. Circulatory response to submaximal and maximal exercise after thermal dehydration. *J Appl Physiol.* 19:1125-1132, 1964.
- Sawka MN and Coyle EF. Influence of body water and blood volume on thermoregulation and exercise performance in the heat. *Exerc Sport Sci Rev.* 27:167-218, 1992.
- Sawka MN, Burke L, Eichner ER, Maughan RJ *et al.* American College of Sports Medicine. Position stand: Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc.* 377-390, 2007.

- Sawka MN, Coyle EF. Influence of body water and blood volume on thermoregulation and exercise performance in the heat. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 27:167-218, 1999.
- Sawka MN, Francesconi RP, Young AJ, Pandolf KB. Influence of hydration level and body fluids on exercise performance in the heat. *J Am Med Assoc.* 252:1165-1169, 1984.
- Sawka MN, Knowlton RG, Critz JB. Thermal and circulatory responses to repeated bouts of prolonged running. *Med Sci Sports.* 11:177-180, 1979.
- Sawka MN, Latzka WA, Matott RP, Montain SJ. Hydration effects on temperature regulation. *Int J Sports Med.* 19 Suppl 2:S108-110, 1998.
- Sawka MN, Montain SJ. Fluid and electrolyte balance: Effects on thermoregulation and exercise in the heat. In: Bowman BA, Russell RM, eds. *Present Knowledge in Nutrition*, 8th ed. Washington, DC: ILSI Press. Pp. 115-124, 2001.
- Sawka MN, Pandolf KB. Effects of body water loss on physiological function and exercise performance. In: Gisolfi CV, Lamb DR (Eds), *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine, Volume 3: Homeostasis during Exercise*. Benchmark Press, Inc, Carmel, Indiana, 1990, pp. 1-38.
- Sawka MN, Toner MM, Francesconi RP, Pandolf KB. Hypohydration and exercise: effects of heat acclimation, gender and environment. *J Appl Physiol.* 55:1147-1153, 1983.
- Sawka MN, Young AJ. Exercise in hot and cold climates. In: Garrett WE, Kirkendell DT (Eds), *Exercise and Sports Science*. Williams and Wilkins, Philadelphia, pp. 385-400, 2000.
- Sawka MN, Young AJ, Francesconi RP, Musa SR, Pandolf KB. Thermoregulatory and blood responses during exercise at graded hypohydration levels. *J Appl Physiol.* 59:1394-1401, 1985.
- Sawka MN, Young AJ, Latzka WA, Neuffer PD, Quigley MD, Pandolf KB. Human tolerance to heat strain during exercise: influence of hydration. *J Appl Physiol.* 73:368-375, 1992.
- Sawka MN. Physiological consequences of hydration: exercise performance and thermoregulation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24:657-670, 1992.
- Scheett TP, Webster MJ, Wagoner KD. Effectiveness of glycerol as a rehydrating agent. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 11:63-71, 2001.
- Senay LC. Effects of exercise in the heat on body fluid distribution. *Med Sci Sports.* 11:42-48, 1979.
- Sherman WM, Plyley MJ, Sharp RL, et al. Muscle glycogen storage and its relationship with water. *Int J Sports Med.* 3:22-24, 1982.
- Shirreffs SM, Maughan RJ. Volume repletion after exercise-induced volume depletion in humans: replacement of water and sodium losses. *Am. J. Physiol.* 274:F868-F875, 1998.
- Shirreffs SM, Taylor AJ, Leiper JB, Maughan RJ. Post-exercise rehydration in man: effects of volume consumed and drink sodium content. *Med Sci Sports Exerc.* 28:1260-1271, 1996.
- Shirreffs SM. Markers of hydration status. *Eur J Clin Nutr.* 2:S6-9, 2003.

- Sirreffes SM, Maughan RJ. Urine osmolality and conductivity as indices of hydration status in athletes in the heat. *Med Sci Sports Exerc.* 30:1598-1602, 1998.
- Speedy DB, Noakes TD, Boswell T, Thompson JM, Rehrer N, Boswell DR. Response to a fluid load in athletes with a history of exercise induced hyponatremia. *Med Sci Sports Exerc.* 33:1434-1442, 2001.
- Squire DL. Heat illness. Fluid and electrolyte issues for pediatric and adolescent athletes. *Pediatr Clin North Am.* 37:1085-109, 1990.
- Stover EA, Zachwieja J, Stofan J, Murray R, Horswill CA. Consistently high urine specific gravity in adolescent American football players and the impact of an acute drinking strategy. *Int J Sports Med.* 27:330-335, 2006.
- Van Loan MD, Boileau RA. Age, gender and fluid balance. In: Buskirk ER, Puhl, eds. *Body Fluid Balance: Exercise and Sport*. Boca Raton, FL: CRC Press. Pp. 215-230, 1996.
- Visser M and Gallagher D. Age-related change in body water and hydration in old age. In: Arnaud MJ, ed. *Hydration Throughout Life*. Montrouge, France: John Libbey Eurotext. Pp. 117-125, 1998.
- Visser M, Gallagher D, Deurenberg P, Wang J, Peirson RN Jr, Heymsfield SB. Density of fat-free body mass: Relationship with race, age, and level of body fatness. *Am J Physiol* 272:E781-E787, 1997.
- Vokes T. Water homeostasis. *Annu Rev Nutr* 7: 383–406, 1987.
- Wilk B, Rivera-Brown AM, Bar-Or O. Voluntary drinking and hydration in non-acclimatized girls exercising in the heat. *Eur J Appl Physiol.* 101:727-734, 2007.
- Wong SH, Williams M, Simpson, and T. Ogaki. Influence of fluid intake pattern on short-term recovery from prolonged, submaximal running and subsequent exercise capacity. *J. Sports Sci.* 16:143-152, 1998.
- Yaspelkis BB 3rd, Scroop GC, Wilmore KM, Ivy JL. Carbohydrate metabolism during exercise in hot and thermoneutral environments. *Int J Sports Med.* 14:13-19, 1993.
- Zambraski EJ. The kidney and body fluid balance during exercise. In: Buskirk ER, Puhl, eds. *Body Fluid Balance: Exercise and Sport*. Boca Raton, FL: CRC Press. Pp. 75-79, 1996.